

# **Fornecimento de água e tratamento de águas residuais em Forças Nacionais Destacadas**

**César Batista Pestana**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Militar**

Orientadores

Professora Doutora Filipa Maria Santos Ferreira

Tenente-Coronel de Engenharia Carlos Alberto Rocha Afonso

**Júri**

Presidente: António Alexandre Trigo Teixeira

Orientador: Professora Doutora Filipa Maria Santos Ferreira

Vogais: Ana Fonseca Galvão

Major de Engenharia Artur Jorge Espada Caracho

**Outubro de 2015**

## Agradecimentos

A realização da presente dissertação é dedicada às pessoas que contribuíram não só para a realização da mesma, mas também para todos aqueles que acompanharam o meu percurso desde o início da minha formação.

Quero agradecer inicialmente à Academia Militar por me ter dado a possibilidade de realização deste curso, possibilitando também a realização de um sonho.

Agradeço à minha orientadora, professora Filipa Ferreira, pela ajuda e apoio na realização desta dissertação e por ter sempre demonstrado curiosidade e interesse pelo âmbito militar, sugerindo sempre opiniões que permitam que este documento seja útil em operações militares futuras.

Agradeço a todos os oficiais que me auxiliaram ou que me forneceram contactos de forma a que me fosse fornecida a ajuda, nomeadamente, o meu co-orientador, Tenente Coronel de Engenharia Rocha Afonso, Tenente Coronel de Engenharia Domingues, Major de Engenharia Caracho, Major de Engenharia Dias, Capitão de Engenharia Costa.

Um especial agradecimento à minha família, Maria Julieta Taveira Batista, André Batista Pestana e Raquel Margarida Batista Pestana, que acompanharam sempre o meu percurso, nunca esquecendo as palavras de força e coragem, que sustentaram e sustentam a minha vontade de vencer, mesmo quando o percurso é difícil.

Aproveito também para agradecer a todos os meus amigos e camaradas, em especial ao meu amigo e camarada Nuno André Ventura Alves, que sempre me acompanhou em todo o percurso na Academia Militar e no Instituto Superior Técnico, sempre disposto a ajudar e demonstrando um grande espírito de camaradagem na superação das várias dificuldades que surgiram pelo percurso.

Agradeço à Inês Ponces pelo apoio incondicional na realização desta dissertação de mestrado.

## Resumo

O abastecimento de água e a drenagem de águas residuais são funções essenciais num aquartelamento de campanha. Estas funções influenciam diretamente a manutenção da prontidão e eficácia de uma força militar destacada para uma operação e consequente sucesso da mesma.

O consumo de água em campanha pode ser variável consoante o efetivo e as características da força destacada, clima, ambiente operacional e o tempo de permanência previsto para a operação. Apresenta-se nesta dissertação de mestrado uma metodologia de planeamento do sistema de abastecimento de água, do sistema de drenagem e dos órgãos de tratamento de águas residuais, aplicáveis a situações de campanha.

Considerando o conteúdo desta dissertação foi realizado um caso de estudo relacionado com o aquartelamento de campanha construído no âmbito da operação militar da UNIFIL, no Líbano. Apresenta-se ainda o enquadramento geográfico do país e a análise da sua situação relativamente ao saneamento, informações essas que podem ser muito importantes na decisão da melhor localização para o aquartelamento.

Na análise do caso de estudo procedeu-se ao dimensionamento das redes de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e dos órgãos de tratamento adequados. Foram sugeridas algumas alterações no traçado, diâmetros da rede de drenagem de águas residuais, assim como na geometria da fossa séptica existente, pois encontrava-se sobredimensionada. Devido à ausência de tratamento do efluente dela proveniente, o que é nocivo a nível ambiental, sugeriu-se ainda a aplicação de um aterro filtrante como órgão de tratamento complementar.

**Palavras-Chave:** Drenagem de águas residuais; órgãos de tratamento; abastecimento de água; campanha; operação militar.

## Abstract

Water supply and wastewater disposal are core functions in a field camp that directly influence the way the forces deployed to an operation are able to maintain their readiness and effectiveness and be successful.

Water consumption in a field camp can vary depending on the size and functionality of the deployed forces, climate, operational environment, and intended length of the operation. This Master thesis presents the methods for planning the water supply system, wastewater disposal and treatment in the context of field of operations.

Taking into account the contents of this dissertation, we have carried out a case study related with the field camps involved in the UNIFIL military operation in Lebanon. This thesis described the geographical context of the country where is analysed its situation in terms of sanitation, which has provided with valuable information for deciding on the best location for the camp.

The case study focused on the design of the water supply and wastewater disposal networks, and on the appropriate treatment systems. Suggestions were made as regards some changes in its layout, diameter of the wastewater drainage network, and in the geometry of the existing septic tank, as it was oversized. Due to the absence of effluent treatment, which has harmful consequences on the environment, we also suggested the use of a landfill with a filter system as a supplementary treatment device.

**Keywords:** Wastewater disposal; treatment devices; water supply; field; military operation.

# Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Justificação e âmbito da dissertação.....	1
1.2. Organização.....	2
2. Integração do saneamento no sistema de Engenharia Militar .....	3
3. Abastecimento de água em contexto operacional .....	4
3.1. Fatores integrantes no planeamento do abastecimento de água .....	7
3.1.1. Efetivo da força destacada .....	10
3.1.2. Características da força destacada .....	10
3.1.3. Clima .....	11
3.1.4. Ambiente Operacional: nível de atividade Nuclear, Biológica e Química (NBQ).....	14
3.1.5. Tempo de permanência no teatro de operações .....	15
3.2. Armazenamento de água em reservatórios vs. água engarrafada .....	18
4. Drenagem de águas residuais em contexto operacional .....	21
4.1. A importância do planeamento .....	22
4.2. Análise de situação.....	22
4.3. Desenvolvimento de estimativas .....	24
4.4. Identificação de necessidades.....	26
4.5. Avaliação da capacidade de gestão de águas residuais .....	27
4.6. Identificação de soluções .....	27
4.6.1. Métodos expeditos para tratamento de águas cinzentas em campanha .....	28
4.6.2. Métodos expeditos para coleta de águas negras em campanha .....	37
4.6.3. Tratamento das águas residuais provenientes de uma rede de drenagem separativa doméstica em campanha .....	44
5. Normas ambientais no saneamento .....	57
5.1. Aplicabilidade e seleção das normas.....	57
5.2. Implementação das normas no aquartelamento.....	58
6. Caso de estudo.....	60
6.1. Enquadramento geográfico.....	61
6.2. Nível de saneamento no país .....	65
6.3. Implantação do aquartelamento português .....	67
6.4. Abastecimento de água e drenagem de águas residuais no aquartelamento .....	69
6.5. Dimensionamento das redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais .....	71
6.5.1. Rede de Abastecimento de Água .....	71
6.5.2. Rede de Drenagem de Águas Residuais .....	77
6.5.3. Órgãos de tratamento .....	81
7. Considerações Finais.....	84

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – Área de ação das forças nacionais a nível internacional (adaptada de Cor. Maio et al., 2012).....	3
Figura 3.1.1 – Relação entre número de militares que constituem a força destacada e o consumo por dia. 10	
Figura 3.1.2 – Distribuição das temperaturas do ar pelo planeta para o mês de Março (adaptada de Department of Geography, University of Oregon, 2000). ....	11
Figura 3.1.3 – Variação das captações mínimas e de sustentação por tipo de clima.....	14
Figura 3.2.1 – Variação de dias de abastecimento de reserva (DOS) de acordo com diferentes organizações (fontes: NATO, 2008; ordem de operações na operação portuguesa no Líbano - HQ NAQOURA UNIFIL Março de 2008; National Defence, 2005 e Ministry of Defence, .....	20
Figura 4.3.1 – Captações padrão para dimensionamento da rede de drenagem em aquartelamentos de campanha segundo algumas referências.....	26
Figura 4.6.1 – Poço de infiltração, fonte: Ahmed, 2013.....	31
Figura 4.6.2 – Poço de infiltração com paredes de alvenaria (adaptada de Bartolomeu, 1996). ....	31
Figura 4.6.3 – Representação de uma trincheira de infiltração (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).....	32
Figura 4.6.4 – Representação de uma lagoa de evaporação (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).....	34
Figura 4.6.5 – Configuração de um campo de evaporação (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).....	35
Figura 4.6.6 – Representação de uma caixa de retenção de gorduras expedita através de camadas de areia e brita (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	36
Figura 4.6.7 – Representação de uma caixa de retenção de gorduras expedita através de um defletor de madeira (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013). ....	36
Figura 4.6.8 – Representação de um local de lavagem de viaturas (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013). ....	37
Figura 4.6.9 – Latrina química ou Porta-Johns (fonte: Dumpsters of Ann Arbor, s.d.).....	38
Figura 4.6.10 – Ilustração de uma latrina <i>straddle trench</i> (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	39
Figura 4.6.11 – Representação de uma latrina profunda (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013). ....	40
Figura 4.6.12 – Representação de latrina com recurso a poço (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	41
Figura 4.6.13 – Modelo de uma latrina de queima fechada (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	41
Figura 4.6.14 – Ilustração de uma latrina de aterro composta por uma caixa com 4 acentos (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	43
Figura 4.6.15 – Representação de dispositivos coletores de urina combinados com um poço de infiltração, (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013). ....	44

Figura 4.6.16 – Representação do corte transversal de uma lagoa de estabilização (adaptada de National Defence, 2005).	47
Figura 4.6.17 – Fossa séptica precedida de trincheiras de infiltração (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2001).	51
Figura 4.6.18 – Representação de uma estação de tratamento de águas residuais portátil (fonte: Imari, 2015).	55
Figura 4.6.19 – Fases de tratamento de uma estação de tratamento de águas residuais portátil (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).	56
Figura 5.2.1 – Relação entre a aplicação das considerações de proteção ambiental e o ritmo operacional da força destacada (adaptada de NATO, 2008).	58
Figura 5.2.2 – Relação entre a capacidade de cumprimento de normas ambientais com a evolução do aquartelamento/tempo de permanência (adaptada de Bowling et al., 2008).	58
Figura 6.1.1 – Relevo do Líbano (adaptada de CDR, 2004).	61
Figura 6.1.2 – Principais rios do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001).	62
Figura 6.1.3 – Concentração de cloretos em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2003).	63
Figura 6.1.4 – Concentração de sódio em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2003).	63
Figura 6.1.5 – Concentração de nitratos em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2011).	63
Figura 6.1.6 – Regiões em que se divide o Líbano (adaptada de Central Intelligence Agency, 2011).	64
Figura 6.1.7 – Distribuição da população pelo território libanês (adaptada de SEDAC, 2000).	64
Figura 6.1.8 – Dados de precipitação média mensal de 1990-2009 no Líbano (adaptada de The World Bank Group, 2015).	64
Figura 6.2.1 – Percentagem de habitações ligadas ao sistema público de abastecimento de água em função da localização (adaptada de World Bank, 2009).	65
Figura 6.2.2 – Cobertura do sistema de drenagem de águas residuais pelas regiões (adaptada de World Bank, 2010).	66
Figura 6.3.1 – Localização do aquartelamento português no Líbano (fonte: Google Maps, 2015).	67
Figura 6.3.2 – Estudo do local para o aquartelamento português (fonte: arquivos da DIE).	67
Figura 6.3.3 – Estado final do aquartelamento <i>UBIQUE Camp</i> , projetado pela DIE (fonte: arquivos da DIE).	68
Figura 6.4.1 – Sistema de distribuição de água do aquartelamento português no Líbano.	69
Figura 6.4.2 – Sistema de drenagem de águas residuais que predominou no <i>UBIQUE Camp</i> .	70
Figura 6.4.3 – Planta e cortes da fossa séptica implementada no <i>Ubique Camp</i> (fonte: arquivos DIE).	70

## Índice de Tabelas

Tabela 1.2.1 – Vantagens e desvantagens da opção pelas diversas fontes de abastecimento de água (adaptada de National Defence, 2005). .....	6
Tabela 3.1.1 – Aplicação de água potável e não potável em contexto operacional (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2005).....	8
Tabela 3.1.2 – Diferença entre capitações de funções básicas para um nível de sustentação e nível mínimo (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008). .	9
Tabela 3.1.3 - Capitações de atividades realizadas em campanha considerando um clima temperado e um teatro de operações convencional (adaptada de Force Development United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). .....	11
Tabela 3.1.4 – Necessidade de ingestão de água tendo em conta a temperatura WBGT e o tipo de trabalho militar (adaptada de Ministry of Defence, 2014). .....	13
Tabela 3.1.5 – Capitação (l/militar/dia) num teatro de operações convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). .....	15
Tabela 3.1.6 – Capitação (l/militar/dia) num teatro de operações não convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). .....	15
Tabela 3.1.7 – Sistema de abastecimento de água consoante o período de vida útil de um aquartelamento (adaptada de NATO, 2008; US Army Corps of Engineers, 2009; Joint Chiefs of Staff, 2010; Headquarters, Department of the Army, 2008 e Finabel Coordinating Committee, 2013). .....	17
Tabela 3.1.8 – Capitações (litros per capita por dia) do estudo Baseline Water Demand at Forward Operating Bases, (adaptada de Stephen et al., 2013).....	17
Tabela 4.3.1 – Produção de águas residuais por instalação (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	24
Tabela 4.4.1 – Soluções para a tratamento e recolha de águas residuais, baseadas no tempo de permanência no teatro de operações.....	27
Tabela 4.5.1 – Tabela de necessidades militares/hora para a construção da rede de drenagem de águas residuais, zona de banhos e latrina, para um clima temperado (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2008).....	27
Tabela 4.6.1 – Altura útil do poço de infiltração em função da velocidade de percolação e do diâmetro do poço considerado (adaptada de Bartolomeu, 1996 e Moraes, 1977). .....	30
Tabela 4.6.2 – Dimensionamento de trincheiras de infiltração (adaptada de Moraes, 1977). .....	32
Tabela 4.6.3 – Características a considerar na implantação de órgãos de infiltração (adaptada de Moraes, 1977). .....	33
Tabela 4.6.4 – Relação entre o resultado do teste de percolação e a taxa de infiltração aplicável a lagoas de evaporação, (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).....	35
Tabela 4.6.5 – Correspondência entre o tempo aproximado de absorção, o tipo de solo e a taxa de infiltração (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013 e FUNASA, 2006). .....	46



Tabela 4.6.6 – Estimativa da dimensão da lagoa de estabilização com base no número de militares do aquartelamento (adaptada de National Defence, 2005). .....	47
Tabela 4.6.7 – Dimensões referentes ao corte transversal da Figura 4.6.16 (adaptada de National Defence, 2005). .....	47
Tabela 6.1.1 – Caracterização dos 17 rios principais do Líbano, (adaptada de Ministry of Environment, 2001). .....	62
Tabela 6.5.1 – Determinação do número de dispositivos de um aquartelamento. ....	72
Tabela 6.5.2 – Caudais instantâneos e número de dispositivos no <i>UBIQUE Camp</i> . ....	72
Tabela 6.5.3 - Dimensionamento da rede de distribuição de água do <i>UBIQUE Camp</i> . ....	75
Tabela 6.5.4 – Captações consideradas no caso de estudo, no aquartelamento português do Líbano. ....	77
Tabela 6.5.5 - Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais do aquartelamento de campanha <i>UBIQUE Camp</i> . ....	80
Tabela 6.5.6 – Dimensionamento da fossa séptica referente ao caso de estudo, segundo Morais, 1977 e Bartolomeu, 1996. ....	81
Tabela 6.5.7 – Cálculo do volume da fossa séptica para uma situação em que não existe descarregamento do efluente. ....	82
Tabela 6.5.8 – Dimensionamento da fossa séptica conforme o número de militares/escalão tático e considerando um fator de segurança de 3,5. ....	82
Tabela 6.5.9 – Dimensionamento de trincheiras filtrantes consoante o número de militares/escalão tático. ....	83
Tabela 6.5.10 - Dimensionamento do aterro filtrante consoante o número de militares/escalão tático. ....	83

## Índice de Figuras em Anexo

Figura B. 1 – Pormenorização de um poço de infiltração (fonte: Anteprojectos, 2002) .....	92
Figura B. 2 – Corte de uma trincheira de infiltração, (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	92
Figura B. 3 – Pormenorização das campânulas de uma trincheira de infiltração (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	92
Figura B. 4 – Planta de uma solução de trincheiras de infiltração (adaptada de Morais, 1977). .....	92
Figura B. 5 – Planta de uma solução de trincheiras filtrantes (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	93
Figura B. 6 – Corte transversal de uma solução de trincheiras filtrantes (adaptada de Bartolomeu, 1996). .	93
Figura B. 7 – Corte transversal de uma solução de trincheiras de infiltração (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	93
Figura B. 8 – Planta esquemática de um aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	94
Figura B. 9 – Corte esquemático de um aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	94
Figura B. 10 – Corte transversal da câmara repartidora do aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	95
Figura B. 11 – Planta da câmara repartidora do aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996). .....	95
Figura B. 12 – Representação de uma plataforma de evapotranspiração (adaptada de Morais, 1977). .....	95
Figura C. 1 – Distribuição dos recursos hídricos pelo território libanês (adaptada de MOE/UNDP/ECODIT, 2011). .....	96
Figura D. 1 – Rede de abastecimento de água do aquartelamento de campanha <i>UBIQUE Camp</i> . .....	98
Figura F. 1 – Traçado de rede de drenagem implementado no <i>UBIQUE Camp</i> , projetado pela DIE. ....	101
Figura F. 2 – Alteração ao traçado do projeto da rede de drenagem do <i>UBIQUE Camp</i> , considerada no caso de estudo. ....	101
Figura F. 3 – Traçado considerado no dimensionamento da rede de drenagem do aquartelamento de campanha <i>UBIQUE Camp</i> . .....	102
Figura F. 4 – Representação esquemática dos perfis longitudinais. ....	103
Figura F. 5 – Planta do modelo de fossa séptica proposto para o caso de estudo. ....	104
Figura F. 6 – Corte do modelo de fossa séptica proposto para o caso de estudo. ....	104

## Índice de Tabelas em Anexo

Tabela A. 1 – Capitações consoante o clima do teatro de operações, para um ambiente operacional convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).....	91
Tabela C. 1 – Levantamento do número de casas ligadas à rede pública de abastecimento de água e drenagem de águas residuais, assim como o número de poços por região do Líbano (adaptada de MOE/UNDP/ECODIT, 2011). ....	97
Tabela D. 1 – Valores de $K_s$ para a fórmula de Manning-Strickler (adaptada de Sousa e Marques, 2011). ....	98
Tabela E. 1 – Capitações referentes à NATO, Exército do Canadá e Exército Norte-americano (fontes: Makinen, 2008; Ministry of Defence, 2005 e Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).....	99
Tabela E. 2 – Pressupostos adotados no dimensionamento do reservatório. ....	100
Tabela E. 3 – Volume do reservatório necessário para 1 dia de abastecimento, consoante a fonte considerada. ....	100

## Lista de Abreviaturas e Acrónimos

**A** – Área  
**Cap** – Capitação  
**CBO<sub>5</sub>** – Carência Bioquímica de Oxigénio  
**CIMIC** – Civil Military Co-operation (Cooperação civil-militar)  
**Clf** – Capitação de lamas frescas  
**Cld** – Capitação de lamas digeridas  
**CSNU** – Conselho de Segurança das Nações Unidas  
**Cx** – Caixa de visita  
**DOS** – Days Of Supply (Dias de abastecimento)  
**EOD** – Explosive Ordnance Disposal (Inativação de engenhos explosivos)  
**EPBS** – Expeditionary Prime BEEF (Base Engineer Emergency Forces) Squadrons  
**ETAR** – Estação de Tratamento de Águas Residuais  
**f** – Fator de afluência à rede de drenagem de águas residuais  
**IGeoE** – Instituto Geográfico do Exército  
**i** – Inclinação  
**IDF** – Israel Defence Forces (Forças de Defesa de Israel)  
**J** – Perda de carga unitária  
**KBR** – Empresa de empreiteiros Kellogg, Brown e Root  
**kPa** – kilo Pascal  
**K<sub>s</sub>** – Coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning-Strickler  
**K<sub>t</sub>** – Coeficiente de perdas  
**l** – Litro  
**m** – Metro  
**m.c.a** – Metro coluna de água  
**min** – Minuto  
**NATO** – North Atlantic Treaty Organization (Organização do Tratado do Atlântico Norte)  
**NBQ** – Nuclear, Biológico e Químico  
**OLP** – Organização de Libertação da Palestina  
**ONU** – Organização das Nações Unidas  
**ONG** – Organizações Não Governamentais  
**PEAD** – Polietileno de Alta Densidade  
**Pop** – População  
**PVC** – Policloreto de Vinílio  
**Q** – Caudal  
**Q<sub>acum</sub>** – Caudal acumulado  
**Q<sub>inf</sub>** – Caudal de infiltração  
**Q<sub>sc</sub>** – Caudal em secção cheia  
**Q<sub>dim</sub>** – Caudal de dimensionamento  
**RBC** – Rotating Biological Contractors  
**RGSPDADR** – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais  
**R<sub>H</sub>** – Raio Hidráulico  
**s** – Segundo  
**SBR** – Sequencing Batch Reactors  
**STANAG** – Standardization Agreement (Acordo de normalização entre os países membros da NATO)  
**td** – Tempo de digestão de lamas  
**te** – Tempo entre limpezas  
**tr** – Tempo de retenção

**U** – Velocidade

**UE** – União Europeia

**UNIFIL** – United Nations Interim Force In Lebanon

**USFOR-A** – United States Forces Afghanistan (Forças militares dos Estados Unidos da América no Afeganistão)

**V** - Volume

**V<sub>sc</sub>** – Velocidade em secção cheia

**WBGT** – Wet Bulbe Globe Temperature (temperatura medida num indivíduo, tendo em conta a exposição à radiação solar, a velocidade do vento, temperatura do ar e humidade)

**WHO** – World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)

# 1. Introdução

## 1.1. Justificação e âmbito da dissertação

Durante as últimas duas décadas tem-se vindo a verificar uma tendência do sistema internacional no sentido de que a segurança dos estados assente num modelo cooperativo, cujo objetivo de manter a paz deixa de ser apenas a nível nacional mas também a nível internacional. É neste contexto que as Forças Armadas Portuguesas têm vindo a participar em diversas missões de apoio à paz, humanitárias e de resposta à crise, no âmbito de instituições como a Organização das Nações Unidas (ONU), a Organização do Tratado do Atlântico Norte (NATO<sup>1</sup>) e a União Europeia (UE). Uma parte significativa das capacidades militares nacionais têm sido garantidas pelo Exército em teatros de operações<sup>2</sup> como Angola, Moçambique, Bósnia-Herzegovina, Kosovo, antiga República Jugoslava da Macedónia, Timor Leste, Iraque, Líbano, Afeganistão, entre outros (Cor Maio et al., 2012).

Em resposta às solicitações das organizações internacionais pode ser necessário que a força destacada estabeleça um aquartelamento de campanha<sup>3</sup> para acomodar os militares destacados para a missão. Assim sendo, é necessário que este se adapte às características do teatro de operações sem que interfira com a prontidão da força militar, o que revela a importância do planeamento do aquartelamento, ainda em território nacional e em todas as suas vertentes: proteção da força, alojamentos, logística, saneamento, alimentação, comunicações, áreas de trabalho e assistência médica. A unidade militar responsável por este planeamento é a Engenharia Militar, que tem como missão não só o apoio ao combate, mas também o apoio geral, no qual se encontra o fornecimento/distribuição de água e drenagem de águas residuais em campanha, elementos cruciais ao bem estar dos militares destacados e consequentemente para o sucesso da operação.

A presente dissertação de mestrado surge da necessidade de colmatação da ausência de documentação disponível no Exército Português referente ao fornecimento de água e saneamento em campanha. Estas necessidades variam consoante determinados fatores característicos do local onde será realizada a missão, sendo apresentadas nesta dissertação as informações que devem ser recolhidas aquando do planeamento do aquartelamento de campanha.

O consumo de água em campanha varia com o efetivo da unidade militar destacada, as suas características, o clima, o ambiente operacional e o tempo de permanência no teatro de operações, fatores abordados na presente dissertação, importantes para avaliar as necessidades de água de uma força nacional destacada.

De igual modo, a drenagem de águas residuais assume também uma grande importância no planeamento do aquartelamento, dada a sua relevância no que se refere à saúde dos militares e, consequentemente, ao sucesso da operação. Assim sendo, apresenta-se neste documento uma possível metodologia de planeamento, assim como a recomendação de órgãos de tratamento aplicáveis a aquartelamentos de campanha.

---

<sup>1</sup> North Atlantic Treaty Organization.

<sup>2</sup> Teatro de operações – o teatro de operações é a parte do teatro de guerra necessária à condução ou apoio das operações de combate (Ministério da Defesa Nacional, 2012).

<sup>3</sup> O termo “campanha” utiliza-se para descrever o período em que as Forças Nacionais se encontram a realizar uma operação militar.

Para aplicação das abordagens apresentadas na dissertação apresenta-se um caso de estudo relativo ao aquartelamento realizado pela Engenharia Militar no Líbano, no âmbito da operação UNIFIL<sup>4</sup>, tendo-se realizado, para fins académicos, o dimensionamento das redes de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. O estudo realizado possibilitou ainda a comparação da rede de drenagem sugerida com a realmente implementada no local, tendo-se também proposto a solução de tratamento de águas residuais mais adequada ao caso de estudo. Apresenta-se ainda nesta dissertação de mestrado um conjunto de soluções de tratamento padronizadas consoante o número de militares destacado, para aplicação em missões militares futuras.

## **1.2. Organização**

Para além da introdução, a presente dissertação de mestrado encontra-se dividida em cinco capítulos, seguindo-se a apresentação de uma série de anexos relevantes.

O segundo capítulo descreve o enquadramento da missão da Engenharia Militar no Exército Português, para contextualizar o leitor do papel desta unidade no planeamento de uma operação e da sua funcionalidade em campanha.

O terceiro capítulo aborda fundamentalmente os fatores que podem fazer variar o consumo de água em campanha: efetivo e características da força militar, clima, ambiente operacional e tempo de permanência. Apresenta-se ainda neste capítulo o paradigma da aplicação de água engarrafada em campanha em oposição à ingestão da água proveniente de um furo.

O quarto capítulo pretende sugerir uma metodologia de planeamento na drenagem de águas residuais, abordando os métodos expeditos utilizados para tratamento das mesmas, aplicáveis em campanha.

O quinto capítulo aborda a necessidade de consideração de normas ambientais no planeamento do aquartelamento de forma a mitigar o impacto causado pelas forças militares no teatro de operações.

O sexto capítulo consiste na aplicação prática do conteúdo da dissertação, adaptado a um caso de estudo referente ao aquartelamento de campanha no Líbano, no âmbito da operação UNIFIL, levada a cabo pela Engenharia Militar. Ainda neste capítulo é realizado um enquadramento geográfico e descrita a situação do saneamento no Líbano, pontos relevantes aquando da escolha da localização do aquartelamento. É também efetuado, para fins académicos, o dimensionamento das redes de abastecimento de água e de drenagem, sendo proposta a melhor solução de tratamento das águas residuais.

Os anexos reúnem, maioritariamente, as análises e resultados obtidos no âmbito desenvolvido do caso de estudo.

---

<sup>4</sup> *United Nations Interim Force in Lebanon.*

## 2. Integração do saneamento no sistema de Engenharia Militar

Segundo IAEM (2008), “a Engenharia Militar é um sistema orientado para o terreno, que molda e altera o ambiente físico operacional, visando aumentar as possibilidades e a letalidade dos sistemas de armas das forças amigas e diminuir as do inimigo.”

Num campo de batalha a Engenharia Militar é um elemento que pode exercer o apoio de combate ou proporcionar o apoio geral aos exércitos que se encontram no teatro de operações. Como elemento de apoio de combate a sua missão é apoiar a mobilidade<sup>5</sup>, contramobilidade<sup>6</sup> e proteção (sobrevivência)<sup>7</sup> de todas as forças. O apoio geral de engenharia consiste na realização de trabalhos que não estejam inseridos no apoio de combate. Inserido no apoio geral, o sistema de Engenharia proporciona o apoio logístico no âmbito das infraestruturas (fortificações, edifícios, vias rodoviárias, ferroviárias, fluviais, instalação portuárias, obtenção, preparação e manutenção de sistemas de fornecimento e distribuição de água, eletricidade e esgotos, instalações para armazenamento e distribuição de combustíveis), no âmbito da inativação de engenhos explosivos (EOD<sup>8</sup>), no âmbito da descontaminação NBQ<sup>9</sup> e no âmbito da informação geográfica e apoio cartográfico. (IAEM, 2003)

A Engenharia Militar está integrada no Exército Português que, ao longo dos últimos 20 anos, tem participado em missões da NATO, ONU (Organização das Nações Unidas) e UE (União Europeia), operando em cerca de 23 teatros de operações diferentes, como representado na figura 2.1. A Engenharia Militar pode ser, portanto, empenhada em qualquer teatro de operações, exercendo um conjunto de tarefas de acordo com a sua missão, entre as quais a construção de um aquartelamento de campanha e de todas as infraestruturas necessárias para acomodar os militares no teatro de operações e para manter a operacionalidade da força militar (Cor Maio et al., 2012).

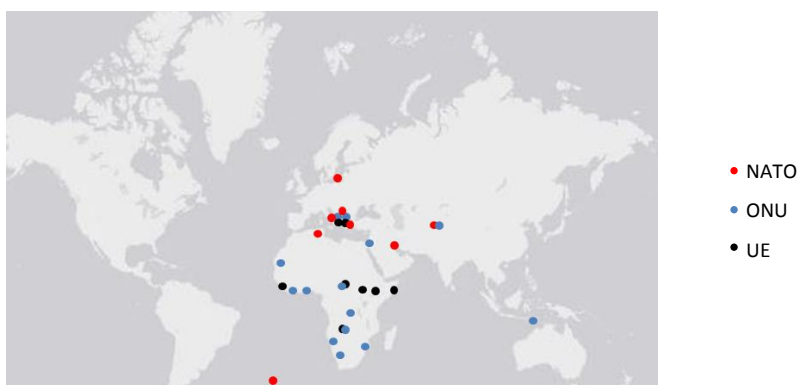


Figura 2.1 – Área de ação das forças nacionais a nível internacional (adaptada de Cor. Maio et al., 2012).

<sup>5</sup> Apoio à mobilidade – melhorar ou aumentar a capacidade de mobilidade das unidades de manobra, apoiando a sua transposição perante obstáculos impossíveis de ultrapassar pelos seus próprios meios (IAEM, 2003).

<sup>6</sup> Apoio à contramobilidade – ações que visam desorganizar, limitar ou impedir a manobra inimiga e impedir-lhe o uso de áreas do terreno (IAEM, 2003).

<sup>7</sup> Apoio à proteção (sobrevivência) – consiste no desenvolvimento de posições de proteção e na adoção de medidas de contravigilância que reduzam a eficácia dos sistemas de armas do inimigo (IAEM, 2003).

<sup>8</sup> EOD – *Explosive Ordnance Disposal* – inativação de engenhos explosivos (Ministério da Defesa Nacional, 2012).

<sup>9</sup> NBQ – Nuclear Biológica e Química (Ministério da Defesa Nacional, 2012).



### 3. Abastecimento de água em contexto operacional

A água é um recurso essencial não só para a sobrevivência humana, mas também para a sustentabilidade e eficácia em combate de uma força militar (Force Development Directorate United States Army Combined Support Comand, 2008). Sendo o consumo humano a principal finalidade do abastecimento de água, é necessário um controlo de qualidade e quantidade permanente durante toda a operação (Finabel Coordinating Committee, 2007).

Numa operação militar a água pode ser utilizada para consumo pessoal, descontaminação NBQ, saneamento, construção, operações médicas e manutenção de equipamentos (Makinen, 2008). É importante referir que os parâmetros de qualidade exigidos para a água destinada ao consumo pessoal são mais exigentes do que, por exemplo, para a água utilizada na construção ou nos equipamentos, o que permite distinguir diferentes classificações de água utilizadas:

- Água potável – água que é segura para beber. A água potável é adequada para o consumo humano e atende aos padrões de qualidade estabelecidos pelo abastecimento público definido na legislação de cada país. Esta água é, do ponto de vista médico e organolético, adequada para consumo, preparação de alimentos e todos os restantes usos domésticos, incluindo higiene pessoal (STANAG<sup>10</sup> 2885, 2010).
- Água potável de emergência – água que cumpre os padrões mínimos de qualidade, previstos no AMedP- 4.9 (2013). Pode ser consumida sem constituir um perigo para a saúde, nas quantidades previstas do mesmo regulamento. Em situações de emergência a água só pode ser utilizada para matar a sede, assim como para fins de nutrição, numa quantidade máxima de 5 litros/homem/dia ao longo de um período de 7 dias devido à degradação da qualidade. Em alguns exércitos a quantidade de água de emergência pode ser aumentada até 7 litros/ homem/dia (AMedP-4.9, 2013; STANAG 2885, 2010).
- Água agradável ao paladar – água sem referências de qualidade, fresca, arejada, relativamente livre de cor, turbidez, sabor e odor, e é geralmente agradável aos sentidos. Esta água não é necessariamente potável e pode conter substâncias ou microrganismos prejudiciais à saúde (AMedP-4.9, 2013).
- Água doméstica – água que é necessária para uma variedade de outros fins, como o combate de incêndios, descontaminação, refrigeração de veículos e máquinas, trabalhos de construção. A qualidade de água para uso doméstico deve cumprir os mesmos requisitos da água potável caso se trate de água destinada à confeção de alimentos ou para higiene (STANAG 2885, 2010; AMedP-4.9, 2013).
- Água “bruta” – água obtida diretamente a partir dos recursos naturais e que poderá ser submetida a tratamento de forma a tornar-se potável (STANAG 2885, 2010).

Num teatro de operações a água potável pode, geralmente, ser obtida através de três formas:

- Utilização das infraestruturas de distribuição de água existentes na nação hospedeira;
- Sistema de abastecimento com origem no tratamento da água de poços, furos ou fontes superficiais;
- Água engarrafada ou fornecida através de autotanques – o fornecimento é feito através dos próprios recursos da unidade militar (SERDP, 2010).

---

<sup>10</sup> STANAG – *Standardization Agreement*: acordo de normalização entre os países membros da NATO (*North Atlantic Treaty Organization*), que define processos, procedimentos, prazos e condições para execução militar ou para procedimentos técnicos (NATO, 2006).

As fontes de abastecimento de água já existentes no teatro de operações podem ser de carácter público ou privado, o que por sua vez implica a necessidade de contactar os operadores civis através do comando territorial regional antes da água ser retirada da rede de abastecimento público ou ser preparado um plano de defesa deste recurso (STANAG 2885, 2010). É, portanto, de extrema relevância manter uma boa ligação e relacionamento com o país hospedeiro para obtenção de água ou para obtenção de informações para a sua aquisição. Geralmente este tipo de abastecimento é feito em tempo de paz.

No entanto, também é possível obter água através de fontes privadas, tais como poços existentes em terrenos agrícolas ou em algumas indústrias cuja matéria prima envolva a utilização de água, tais como lavandarias, indústrias químicas ou até mesmo de produção de água mineral (Finabel Coordinating Committee, 2007). Quando não é possível a utilização dessas fontes, ou se verifica a inexistência de instalações de abastecimento público ou privado, torna-se necessário procurar fontes de água que possam vir a fornecer a quantidade e qualidade de água desejada para a função a que se destina, como por exemplo:

- Água subterrânea – recurso proveniente de poços ou furos. A detecção desta fonte deve ser feita com o conhecimento hidrológico local, através de mapas hidrogeológicos ou informações prestadas pelas autoridades competentes, por exemplo, o serviço geográfico militar - IGeoE<sup>11</sup> (STANAG 2885, 2010).
- Água superficial – recurso imediatamente acessível, proveniente de rios, canais, lagos, lagoas e mar. No entanto, este tipo de origem está diretamente exposto à poluição ambiental, exigindo portanto um acompanhamento muito particular e um tratamento sistemático antes do consumo (Finabel Coordinating Committee, 2007). A água do mar e a água salobra<sup>12</sup>, devido ao grande teor em sal, devem ser utilizadas apenas como último recurso, visto que provocam a corrosão de equipamentos mecânicos e elétricos, assim como efeitos adversos em outros materiais. Em última instância podem ser usadas para combate de incêndios e para a descontaminação de veículos, equipamentos, pisos, entre outros (Headquarters, Department of the Army, 2005).
- Água proveniente da precipitação (chuva e neve) – apresenta uma grande sensibilidade à poluição atmosférica, pelo que, no caso de esta ser utilizada para consumo, deva ser sujeita a um tratamento minucioso.
- Águas residuais – as águas residuais provenientes de habitações ou indústrias poderão ser utilizadas, em caso de extrema emergência, para o combate a incêndios ou para descontaminação de material (STANAG 2885, 2010).

A opção por uma das fontes acima referidas deverá ser ponderada mediante a situação militar, a quantidade de água necessária, a acessibilidade à fonte, a qualidade geral da água e o tipo de equipamento disponível para o seu tratamento. No entanto, quando em contexto operacional, as fontes de água devem ser sempre consideradas como possivelmente contaminadas (Headquarters, Department of the Army, 2002).

Na Tabela 3.1 estão apresentadas, de forma sucinta, as principais vantagens e desvantagens que devem ser ponderadas no planeamento de uma operação militar, nomeadamente quando se realiza a opção por uma fonte de abastecimento de água.

---

<sup>11</sup> IGeoE – Instituto Geográfico do Exército.

**Tabela 3.1 – Vantagens e desvantagens da opção pelas diversas fontes de abastecimento de água (adaptada de National Defence, 2005).**

Fonte de abastecimento de água			
Infraestrutura Local	Rios e Ribeiras	Lagos e Lagoas	Lençol freático
<b>Vantagens</b> Fonte possivelmente sempre disponível Consistência no fluxo disponível	<b>Vantagens</b> Geralmente possui uma qualidade aceitável	<b>Vantagens</b> Geralmente possui uma qualidade aceitável, dependendo da dimensão da lagoa/lago	<b>Vantagens</b> Geralmente precisa de menos tratamento que a água de superfície Mais difícil de contaminar Possibilidade da fonte se encontrar dentro do perímetro de segurança
<b>Desvantagens</b> Falta de controlo no tratamento <i>standard</i> Possível efeito negativo na população Dificuldade na segurança da fonte	<b>Desvantagens</b> Apresenta variações sazonais Vulnerável a contaminação Difícil garantir a segurança do recurso Possibilidade de impacto na população	<b>Desvantagens</b> Dificuldade em garantir a segurança da fonte	<b>Desvantagens</b> Poços de pequena profundidade podem estar contaminados Exige apoio externo para a perfuração do terreno Difícil determinar o efeito sobre a população local

A utilização de furos ou poços é uma boa prática em teatro de operações, desde que garantida a qualidade da água proveniente dos mesmos (STANAG 2885, 2010) através de recolha de amostras, que devem estar em conformidade com os parâmetros estipulados em Finabel Coordinating Committee (2007) ou AMedP-4.9 (2013). A utilização de poços e furos poderá surgir pelas seguintes situações:

- Sempre que as fontes superficiais não estão disponíveis em quantidade e qualidade suficiente para a sustentação da força militar, o que acontece, por exemplo, em zonas áridas onde a necessidade de água é grande e a quantidade de água disponível à superfície é reduzida;
- Quando o sistema de distribuição existente é insuficiente para sustentar a unidade militar;
- Quando a ligação ao sistema de abastecimento de água público existente é muito extensa face a um furo mais próximo do aquartelamento;
- Caso a missão se enquadre numa operação CIMIC<sup>13</sup>, visto que uma grande percentagem da população mundial ainda não tem água potável canalizada;
- Quando é expectável um ataque NBQ pelas fontes de água superficiais (Headquarters, Department of the Army, 2008).

Segundo Headquarters, Department of the Army (2008) a opção de abastecimento por água engarrafada deve ser evitada ou utilizada apenas nos primeiros 6 meses de instalação das forças no terreno, sendo depois alterada para um sistema de distribuição com origem num furo. Apesar de várias bases militares de apoio logístico terem utilizado água engarrafada como fonte de água potável, por exemplo, nas operações militares conduzidas no Iraque, Afeganistão, Líbano, entre outros, esta representa um recurso dispendioso e uma fonte considerável de resíduos sólidos (SERDP, 2010), devendo por isso, sempre que possível, ser evitada. Quando é

<sup>13</sup> CIMIC – *Civil Military Co-operation*. Define-se, segundo a NATO, como sendo uma coordenação e cooperação, em apoio da missão, entre o Comandante da NATO e a sociedade civil - população local, autoridades nacionais, organizações internacionais, nacionais e não-governamentais (NATO Standard AJP-3.4.9, 2013).

decidido projetar uma força destacada para uma missão internacional, é por vezes necessária a realização de um planeamento do local de implantação do aquartelamento no teatro de operações. Este planeamento é um processo muito importante visto que o fracasso na escolha do local implicará maiores necessidades logísticas, assim como uma maior dificuldade no apoio às operações. Um dos objetivos do planeamento é identificar as vantagens naturais que o local possa oferecer, de forma a minimizar custos e tornar eficiente, por exemplo, o abastecimento de água potável à unidade militar, pelo que uma das exigências mais recorrentes na seleção do local é que este tenha uma fonte de água potável (National Defence, 2005).

O planeamento de um aquartelamento militar é um processo que nunca está realmente concluído, tratando-se de um processo evolutivo com vista a melhorar continuamente as condições de alojamento e de trabalho de uma força militar (Department of the Army, 2008). Como sistema integrante de um aquartelamento, o fornecimento de água também poderá sofrer mudanças ao longo do tempo de ocupação da força militar, constituindo assim um fator integrante no planeamento do abastecimento de água de uma força nacional destacada. No subcapítulo seguinte serão abordados os fatores que devem ser tidos em conta no planeamento do abastecimento de água para um aquartelamento numa missão internacional.

### **3.1. Fatores integrantes no planeamento do abastecimento de água**

O planeamento do sistema de abastecimento de água de uma força nacional destacada surge com a identificação das necessidades de água exigidas para a sustentação da força. Os elementos críticos a ter em consideração quando se elabora um planeamento deste tipo são, segundo Joint Chiefs of Staff (2010), os seguintes:

- Identificação das necessidades de água para as unidades nacionais, multinacionais ou das forças militares da nação hospedeira.
- Identificação do pessoal e equipamento necessário para a produção de água potável que satisfaça as necessidades da força, nomeadamente para o seu tratamento (caso a água não seja potável ou existam dúvidas acerca da sua qualidade), armazenamento e distribuição.
- Desenvolvimento de planos detalhados de distribuição de água.
- Identificação da qualidade da água local.
- Determinação de procedimentos no tratamento de água.

Anteriormente à determinação da quantidade de água necessária, importa saber em que aplicações do teatro de operações é que esta tem de ser obrigatoriamente potável, tal como se apresenta na Tabela 3.1.1.

**Tabela 3.1.1 – Aplicação de água potável e não potável em contexto operacional (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2005).**

Qualidade da água	Aplicações
<b>Água Potável</b>	Beber Confeção e conservação (gelo) de alimentos Higiene pessoal Tratamento médico
<b>Água fresca desinfetada - não potável</b>	Banhos <sup>14</sup> Descontaminação de pessoal Arrefecimento corporal
<b>Água fresca - não potável</b>	Arrefecimento de viaturas Construção em betão Lavandaria Perfuração de poços
<b>Água do mar ou salobra</b>	Lavagem de veículos Combate de incêndios Descontaminação de material

Apesar de grande parte das aplicações estarem associadas ao consumo de água não potável, todas as aplicações podem usar água potável. Em ambientes áridos é mesmo necessário que assim seja, como será explicado no subcapítulo 3.1.3, referente ao fator clima.

A primeira fase do planeamento do abastecimento de água consiste na determinação da capitação necessária, que varia consoante determinados fatores como o efetivo da força, o ambiente operacional, o clima da região onde se irá situar a força, o tipo de força e o tempo de permanência no teatro de operações. Estes fatores influenciam o volume de água necessário à sustentação das forças nacionais destacadas.

As capitações apresentadas neste capítulo derivam de estimativas de consumo que se encontram no guia de planeamento de abastecimento de água do exército norte-americano Water Planning Guide, 25 de Novembro de 2008. A apresentação das capitações deste guia de planeamento deve-se ao facto de não existirem informações disponíveis do Exército Português, da NATO ou das Nações Unidas, referentes a grande parte dos fatores que fazem variar a capitação de uma força destacada. Este guia de planeamento consiste, portanto, numa boa ferramenta para interpretação dos fatores que influenciam a capitação num teatro de operações, apresentando no entanto valores de capitação inferiores aos sugeridos por National Defence (2005), Makinen (2008) e Ministry of Defence (2008).

Para análise dos fatores de planeamento deve assumir-se como pressuposto que as capitações apresentadas têm em conta 10% de perdas, sendo que 4% correspondem a evaporação e 6% a desperdícios/derrames (*spillage*), e as capitações apresentadas estão diferenciadas caso se trate de um nível mínimo ou de sustentação. O nível de sustentação consiste na quantidade de água que é necessária para manter a eficácia de uma força militar por um período superior a 7 dias. De acordo com este nível, todas as funções que exijam o consumo de água são satisfeitas nesse período sem qualquer degradação no consumo (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008). O nível mínimo está associado a situações de escassez de água ou de combate intenso. O consumo nestas condições é o mínimo indispensável, garantindo-se

<sup>14</sup> A água para banhos pode ser não potável para otimização do equipamento de tratamento de água que realiza a desinfecção, mas deve ser feita uma avaliação de risco pelo pessoal de medicina preventiva (Joint Chiefs of Staff, 2010).

apenas a quantidade mínima de água capaz de manter a eficácia da força por um período até 7 dias (Headquarters, Department of the Army, 1990 e Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008). A quantidade de água para beber é semelhante nos dois níveis porque a necessidade de água no período de um dia deve satisfazer níveis mínimos, independentemente de se tratar de uma semana ou de um intervalo de tempo superior.

Em qualquer unidade militar num teatro de operações existem funções genéricas que envolvem o consumo de água, tais como, beber, higiene pessoal, confecção de alimentos, tratamento de lesões por calor e manutenção das viaturas para transporte. No entanto, como é possível verificar na Tabela 3.1.2, existe uma restrição ao consumo quando se passa de um nível de sustentação para um nível mínimo. Os valores da tabela correspondem a um local com clima temperado e ambiente operacional convencional, fatores que serão abordados neste capítulo (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).

**Tabela 3.1.2 – Diferença entre capitações de funções básicas para um nível de sustentação e nível mínimo (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).**

Função Básica		Capitação (l/militar/dia)	
		Sustentação	Mínimo
Higiene pessoal	Beber	6,25	6,25
	Lavar os dentes 3 vezes/dia	0,83	NA
	Lavar os dentes 1 vez/dia	NA	0,30
	Desfazer a barba <sup>15</sup>	0,87	0,87
	Lavar as mãos 6 vezes/dia	3,14	NA
	Lavar as mãos 3 vezes/dia	NA	1,59
	Banho de esponja 5 vezes/dia	1,51	1,51
Confeção de alimentos	Refeição individual <sup>16</sup>	0,53	1,63
	Refeição em grupo <sup>17</sup>	6,74	NA
Tratamento de lesões por calor		0,04	0,04
Manutenção de viaturas		0,72	0,72
Total de água não potável		0,72	0,72
Total de água potável		19,91	12,19
Total		20,63	12,91

em que: NA – Não Aplicável

Na tabela 3.1.2 foram identificadas apenas as funções genéricas referentes a um clima temperado, sendo apresentadas no Anexo A a informação referente a outros tipos de clima.

<sup>15</sup> A atividade de desfazer a barba é considerada assumindo que 81% dos militares no teatro de operações são do sexo masculino (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).

<sup>16</sup> Consiste em três refeições prontas a comer (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).

<sup>17</sup> Consiste em duas refeições quentes por dia, geralmente confeccionadas em cozinha de campanha (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).

### 3.1.1. Efetivo da força destacada

O efetivo da força traduz-se no número de homens que integra a força destacada para a missão. Este número influencia diretamente o consumo de água, sendo que este aumenta quanto maior o número de militares no teatro de operações. Assim sendo, para determinar o consumo por dia é necessário conhecer o efetivo da força militar e para isso considerou-se que uma companhia é constituída por 125 militares, um batalhão por 1000 militares e uma brigada por 6000 militares<sup>18</sup> (Stephen et al, 2013).

Considerando que se trata de um clima temperado e um ambiente operacional convencional, como anteriormente referido, os consumos de água potável associados às funções básicas que um militar executa no teatro de operações, para um nível mínimo, correspondem a 12,19 l/militar/dia (ver Tabela 3.1.2).

A esse valor acrescentou-se a capitação referente a dois banhos semanais (7,08 l/militar/dia) e limpeza prevista, para um nível mínimo, de 6,8 kg de roupa (0,45 l/militar/dia), a soma perfaz um total de 19,72 l/militar/dia (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008), que leva aos consumos representados na Figura 3.1.1.

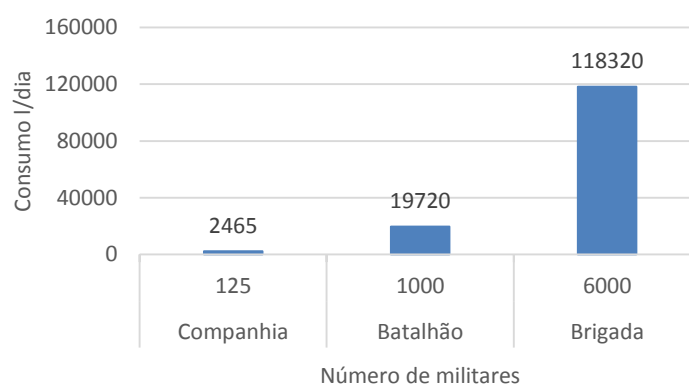


Figura 3.1.1 – Relação entre número de militares que constituem a força destacada e o consumo por dia.

### 3.1.2. Características da força destacada

A quantidade de água necessária deve atender à necessidade da unidade militar destacada para o teatro de operações, que varia conforme a missão que esta desempenha (SERDP, 2010 e Finabel Coordinating Committee, 2009). Dependendo do tipo de operação, são atribuídas às unidades militares funções que contribuem direta ou indiretamente para o sucesso da missão e que exigem um determinado consumo de água. Na Tabela 3.1.3 representam-se as capitações associadas ao consumo exigido por certas funções, algumas das quais representativas do tipo de unidade militar destacada. Os valores assinalados a sombreado correspondem a consumos de água não potável.

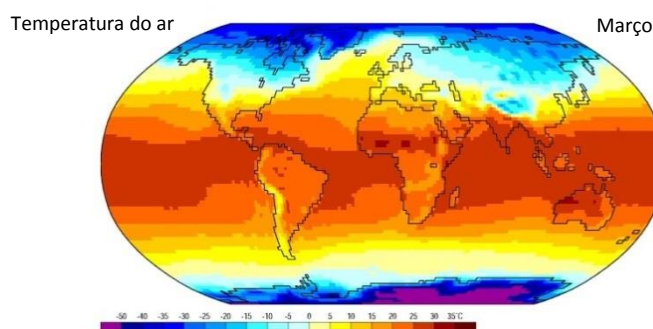
<sup>18</sup> A referência indicada tem em conta os militares que se encontram no teatro de operações e civis que cooperam na operação militar.

**Tabela 3.1.3 - Capitações de atividades realizadas em campanha considerando um clima temperado e um teatro de operações convencional (adaptada de Force Development United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).**

Funções	Capitação l/militar/dia	
	Sustentação	Mínimo
Básico	19,91	12,19
Tratamento médico Role <sup>19</sup> I e II	0,11	0,11
Tratamento médico Role III e IV	3,33	3,33
Central de higiene - Banhos	7,84	7,08
Assuntos mortuários (água potável)	0,11	0,11
Central de higiene - Lavandaria	0,98	0,45
Assuntos mortuários (água não potável)	0,53	0,53
Construção	7,50	0,00
Manutenção de viaturas	0,72	0,72
Total de água não potável	9,73	1,70
Total de água potável	31,31	22,83

### 3.1.3. Clima

Em contexto operacional o clima é classificado segundo três categorias principais: quente (tropical ou árido), temperado e ártico, sendo que estes estão associados a zonas espaciais do planeta, como podemos ver na Figura 3.1.2. O estudo do clima do teatro de operações é extremamente importante, nomeadamente a informação da temperatura a que os militares estarão expostos, visto que poderá aumentar as necessidades de consumo de água.



**Figura 3.1.2 – Distribuição das temperaturas do ar pelo planeta para o mês de Março (adaptada de Department of Geography, University of Oregon, 2000).**

#### A. Zonas com clima temperado

Incluem áreas com uma temperatura média diária anual que varia entre de 0°C e 27°C, onde as fontes de água são suficientemente abundantes e bem distribuídas (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). Nas zonas temperadas existem variações sazonais, sendo que

<sup>19</sup> Role – Terminologia NATO para identificar os níveis de intervenção médica. O Role I e II correspondem a operações de reanimação, estabilização ou de curto período de hospitalização; Role III e IV correspondem operações de carácter especialista ou a cuidados de reabilitação definitiva, muitas vezes adquiridos apenas ao nível da Divisão (NATO Logistics Handbook, 1997).



algumas regiões podem, em algumas alturas do ano, chegar a condições semelhantes às de climas árticos. Outras regiões podem assumir, no verão, condições que se assemelham a condições tropicais ou mesmo áridas, pelo que o planeamento do abastecimento de água deve ter em consideração a sazonalidade.

O facto das regiões serem temperadas pode apresentar um grande impacto na seleção das fontes de água naturais. Na primavera, por exemplo, as chuvas podem fazer transbordar os rios e afluentes, enquanto que no verão a falta de chuva pode diminuir de tal forma o seu caudal que inviabiliza as operações de tratamento de água superficial (Headquarters, Department of the Army, 1990). Segundo Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support (2008), neste tipo de regiões a água potável será usada apenas para fins que exijam especificamente padrões de água potável. Estes incluem beber, confeção de alimentos, higiene pessoal e tratamento médico. A água não potável pode ser usada com ou sem tratamento, no local, conforme necessário, para outras aplicações.

#### **B. Zonas com clima tropical**

São regiões com temperaturas médias diárias anuais superiores a 27°C (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). As fontes de água apresentam-se muitas vezes contaminadas ou com um grande número de parasitas, sendo que a contaminação se deve, frequentemente, às deficientes práticas de higiene dos habitantes locais. As aplicações da água potável e não potável são semelhantes às do clima temperado, embora a água utilizada para banhos e lavandaria careça de tratamento.

#### **C. Zonas com clima ártico**

Trata-se de locais cuja temperatura média diária anual é inferior a 0°C (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). Nestas zonas as fontes de água são abundantes (mar, oceanos e lagos) e disponíveis em grande parte do local considerado. Estas regiões possuem gelo durante quase todo o ano, o que não suporta a existência de vegetação. A aplicação da água potável e não potável é semelhante ao que se passa quando o clima é temperado, mas os pontos de abastecimento de água devem conter equipamento (abrigo, aquecedores, redes de camuflagem, mantas isolantes ou agitadores) que evite ou retarde o congelamento (National Defence, 2010). A prevenção do congelamento da água representa um grande desafio neste tipo de clima (Headquarters, Department of the Army, 1990), e a escolha do material que constitui o reservatório é também especialmente importante visto que, por exemplo, o plástico se torna muito frágil a temperaturas inferiores a -30°C, pondo em risco a água nele armazenado (Finabel Coordinating Committee, 2007).

#### **D. Zonas com clima árido**

Nestas áreas, onde as temperaturas médias diárias anuais ultrapassam os 27°C. As fontes de água disponíveis são limitadas e muito dispersas, o que faz com que a água deva ser transportada para o ponto de utilização, o mais centralizada possível. O planeamento assume uma grande importância não só pela grande dificuldade em

encontrar água, mas também porque o consumo aumenta de forma significativa, relativamente a outros climas (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).

Como as fontes de água são quase inexistentes ou muito limitadas, a falta de água vai induzir uma grande necessidade de armazenamento, pelo que as unidades militares devem dispor de elevada capacidade de armazenamento e promover a minimização de desperdícios de água (Headquarters, Department of the Army, 1990 e Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). Neste tipo de teatros de operações os comandantes devem estar preparados para prescindir de requisitos que não sejam críticos (lavandaria, banhos de chuveiro) para assegurar as necessidades básicas da força (ingestão, higiene pessoal, alimentação, tratamento de lesões por calor e tratamento médico).

Neste tipo de clima as possibilidades de contaminação cruzada de água potável e não potável, e as dificuldades em operar e gerir dois sistemas de distribuição de água, ditam a utilização de água potável em todas as utilizações (Headquarters, Department of the Army, 1990; United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).

Quando sujeito a elevadas temperaturas, o corpo humano pode chegar a perder por transpiração 0,25 l/hora, o que revela a importância da reposição de água, principalmente em climas áridos onde as temperaturas altas são uma constante no quotidiano. As perdas de água devem ser repostas não só por uma questão de manutenção da vida humana, mas também porque pode provocar um decréscimo da capacidade de trabalho e deterioração da moral, fatores que são importantíssimos para a manutenção da eficácia da força militar (Headquarters, Department of the Army, 2002). Para melhor perceção do efeito da temperatura em climas áridos apresenta-se, na Tabela 3.1.4, a relação entre a necessidade de ingestão de água com o acréscimo de temperatura (WBGT<sup>20</sup>), associadas a atividades militares de trabalho fácil, moderado ou difícil.

**Tabela 3.1.4 – Necessidade de ingestão de água tendo em conta a temperatura WBGT e o tipo de trabalho militar (adaptada de Ministry of Defence, 2014).**

Categoria de calor	Temperatura WBGT (°C)	Trabalho Fácil	Trabalho moderado	Trabalho difícil
		Necessidade de ingestão (l/hora)	Necessidade de ingestão (l/hora)	Necessidade de ingestão (l/hora)
1	20-24.9	0,25	0,50	0,75
2	25-26.9	0,50	0,75	1,00
3	27-29.9	0,75	1,00	1,25
4	30-33.9	0,75	1,00	Nível de atividade não apropriado
5	>34	1,00	1,25	Nível de atividade não apropriado

A caracterização do tipo de trabalho é feita de acordo com:

- Trabalho fácil – manutenção da arma, cerimónia, treino de tiro, exercício físico, caminhar numa superfície difícil a 4 km/h carregado com menos de 13,5 kg de carga.
- Trabalho moderado – patrulhas, construção de posições defensivas, assalto a uma posição, caminhar em areia solta a 4km/h, numa superfície difícil a 5,63 km/h carregado com menos de 18 kg.

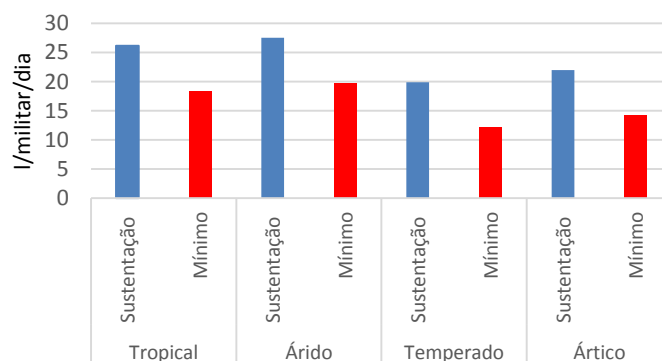
<sup>20</sup> WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) – temperatura medida num indivíduo, tendo em conta a exposição à radiação solar, a velocidade do vento, temperatura do ar e humidade (Ministry of Defence, 2014).

- Trabalho difícil – caminhar em areia solta com carga a uma velocidade superior a 4 km/h, andar numa superfície difícil a 5,63 km/h e carregado com mais de 18 kg (Ministry of Defence, 2014; Headquarters, Department of the Army and Air Force, 2003).

No caso do militar ser portador de equipamento de proteção NBQ ou de colete balístico, deve ser adicionada à temperatura WBGT um valor de 5,5 °C e 2,75 °C, respetivamente, de que resulta um acréscimo da necessidade de ingestão de água por hora (Headquarters, Department of the Army and Air Force, 2003).

Neste tipo de teatros é necessário ministrar a formação periódica sobre conservação e abastecimento de água, de forma a garantir uma compreensão completa dos princípios, práticas e procedimentos por todos os militares (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008; Headquarters, Department of the Army, 1987). A água é tão importante em teatros de operação com clima árido que uma das principais atividades militares pode ser o próprio controlo das fontes de água. Assim, é de extrema importância que se recolham informações meteorológicas e que se efetue um reconhecimento do local, de forma a encontrar fontes de abastecimento de água antes do planeamento da localização do aquartelamento.

A Figura 3.1.3 representa as captações de água potável consoante o tipo de clima da região em que se desenvolve a operação militar, considerando um ambiente operacional convencional. Os valores apresentados dependem das captações presentes no Anexo A.



**Figura 3.1.3 – Variação das captações mínimas e de sustentação por tipo de clima.**

#### **3.1.4. Ambiente Operacional: nível de atividade Nuclear, Biológica e Química (NBQ)**

A atualidade depara-se com dois tipos de guerra: a convencional ou regular e a não-convencional ou irregular. O que diferencia a guerra não convencional é a utilização de métodos não convencionais e meios para desgastar o adversário em vez de o derrotar através de confrontação direta convencional. As ações terroristas modernas são uma forma de guerra não convencional, caracterizando-se por serem imprevisíveis e por recorrerem a armas de destruição maciça e agentes NBQ (Sgt Aj Leal, 2011).

No que respeita à ameaça inimiga, devem ser estudadas as possibilidades de contaminação da água pois é uma medida que poderá provocar uma epidemia, envolvendo muitas vítimas (Finabel Coordinating Committee, 2009). As medidas contra agentes químicos, biológicos e radiológicos incluem, além das medidas de deteção, medidas de higiene e sanitárias adequadas (Sgt Aj Leal, 2011) que envolvem um aumento do consumo de água para a descontaminação individual e material. A água é utilizada no processo de descontaminação para remover o perigo de contaminação biológica e radiológica quando a pele está exposta a este tipo de agentes. Também é

utilizada para o mesmo efeito em materiais que tenham sofrido a mesma contaminação (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008). Além disso, está ainda previsto um consumo adicional em resultado do aumento da necessidade de hidratação (ingestão) do militar quando portador de equipamento de proteção NBQ, como é possível verificar através da comparação das captações da Tabela 3.1.5 com as da Tabela 3.1.6.

A água para descontaminação dos militares sujeitos à exposição NBQ deve ter a mesma qualidade que a utilizada para os banhos de rotina. Relativamente à água necessária para a descontaminação de equipamentos, viaturas e armas, esta poderá ser de uma qualidade inferior, ou seja, não potável (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).

**Tabela 3.1.5 – Captação (l/militar/dia) num teatro de operações convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).**

Aplicação	Tropical	Árido	Temperado	Ártico
Beber	12,49	12,49	6,25	8,33
Descontaminação	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável

**Tabela 3.1.6 – Captação (l/militar/dia) num teatro de operações não convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008).**

Aplicação	Tropical	Árido	Temperado	Ártico
Beber	14,57	14,57	10,41	8,33
Descontaminação (Água potável)	3,97	8,10	3,97	3,97
Descontaminação (Água não potável)	7,27	Não Aplicável	7,27	7,27

### 3.1.5. Tempo de permanência no teatro de operações

O tempo de duração da missão poderá ser difícil de prever pois depende de várias condicionantes, entre as quais o progresso da própria missão. A exigência de uma infraestrutura operacional só pode ser vista em relação à missão a que esta se destina. No entanto, a seleção de infraestruturas adequadas e a previsão do seu desenvolvimento devem atender a uma determinada duração, o que também será necessário para uma análise de investimento, ainda no planeamento do aquartelamento (Ministry of Defence, 2012).

A duração da operação traduz o período de vida útil de um aquartelamento e influencia o tipo de construção a implementar (Finabel Coordinating Committee, 2009). Por sua vez, o tipo de abastecimento de água é um serviço integrante no aquartelamento e, como tal, também este varia consoante o período de vida útil do aquartelamento, ou seja, com a duração prevista da operação (Headquarters, Department of the Army, 2008). Existem várias referências relativas à classificação dos aquartelamentos quanto à sua duração, mas no seguimento deste subcapítulo apresenta-se a classificação segundo a NATO, visto que representa uma organização na qual o Exército Português está inserido. Como o documento NATO que aborda este tipo de informações é limitado quanto ao abastecimento de água, fez-se uma ponderação com a regulamentação e informações provenientes de outros exércitos, com base na duração dos aquartelamentos.

Segundo Makinen (2008), as infraestruturas, atendendo ao conceito da NATO, caracterizam-se de acordo com a sua duração, como:

- **Essencial ou “Integral”** – a duração deste tipo de aquartelamento é inferior a 2 meses e é fornecido pela própria unidade tática. O apoio de Engenharia geralmente não é necessário ou pode não estar disponível, visto que é expectável que esteja a ser empregue na construção do aquartelamento principal. O equipamento pertencente à força e os recursos da nação hospedeira são frequentemente utilizados neste tipo de aquartelamento (SERDP, 2010 e US Army Corps of Engineers, 2009).
- **Inicial** – construído para manter a operacionalidade da força, a mudança de um aquartelamento Essencial para Inicial deve ser o mais breve possível, assim que os serviços básicos e alojamentos se encontrem disponíveis (aproximadamente após 2 meses do início da construção do aquartelamento). A Engenharia desenvolverá os serviços básicos<sup>21</sup> e os alojamentos durante os 6 meses subsequentes, de forma a melhorar as condições de instalação no aquartelamento. O aquartelamento principal poderá ser temporário ou permanente consoante o tempo de permanência previsto. A duração deste aquartelamento está compreendida entre os 2 e os 6 meses.
- **Temporário** – após 6 meses do início das operações, o aquartelamento é considerado temporário, é expectável que todos os serviços estejam em funcionamento e o nível de instalação seja adequado para o tempo de permanência que os militares estão no teatro de operações. A duração do aquartelamento está compreendida entre os 6 e os 24 meses.
- **Permanente** – tal como o aquartelamento temporário, este fornece alojamento e serviços completos e adequados, sendo que a diferença é o aumento de vida útil. A nível económico, uma estrutura permanente apresenta custos superiores na sua construção, face a uma estrutura temporária, apesar de se aplicar o contrário a longo prazo. A duração do aquartelamento é superior a 2 anos.

Durante a primeira fase de instalação das forças no teatro de operações, a água é fornecida a granel, com o desenvolvimento do aquartelamento recorre-se a pequenos reservatórios de água atrelados e, depois, a canalizações que realizam a distribuição de água desde o local de tratamento até ao local de consumo (Joint Chiefs of Staff, 2010; US Army Corps of Engineers, 2009).

Para aquartelamentos do tipo Inicial, Temporários e Permanentes, as variações ocorrem sobretudo no tipo de instalação para o abastecimento de água, consoante seja previsto um menor ou maior tempo de permanência (ver Tabela 3.1.7).

---

<sup>21</sup> Serviços básicos: saneamento, instalações necessárias, cozinha (FINABEL 2013).

**Tabela 3.1.7 – Sistema de abastecimento de água consoante o período de vida útil de um aquartelamento<sup>22</sup> (adaptada de NATO, 2008; US Army Corps of Engineers, 2009; Joint Chiefs of Staff, 2010; Headquarters, Department of the Army, 2008<sup>23</sup> e Finabel Coordinating Committee, 2013).**

	<b>“Integral” (inferior a 2 meses)</b>	<b>Inicial (entre 2 a 6 meses)</b>	<b>Temporário (entre 6 a 24 meses)</b>	<b>Permanente<sup>24</sup> (superior a 2 anos)</b>
Abastecimento de água Potável	Água engarrafada  Pontos de abastecimento de água constituídos por pequenos reservatórios atrelados  Reservatórios flexíveis	Água engarrafada  Pontos de abastecimento de água a granel, furos, produção de água potável e sistema de distribuição pressurizado	Pontos de abastecimento de água a granel, furos, produção de água potável (estações de tratamento) e sistema de distribuição pressurizado capaz de suportar o abastecimento a hospitais, refeitórios, combate de incêndios, etc..	Pontos de abastecimento de água a granel, furos, produção de água potável (estações de tratamento) e sistema de distribuição pressurizado capaz de suportar o abastecimento a hospitais, refeitórios, combate de incêndios, etc.
Água não potável	Fonte local	Fonte local	Fonte local	Fonte local

O consumo de água também aumenta com o nível de desenvolvimento do aquartelamento. Este aspeto está relacionado com o tempo de permanência, durante o qual se desenvolve o aquartelamento, nomeadamente os serviços destinados a melhorar as condições de instalação dos militares, como a lavandaria, refeitório, bar e local para lavagem de viaturas (Stephen et al., 2013).

Um estudo feito pela US Army Corps Of Engineers (2013), permitiu chegar a valores de capitações de consumo básico e de consumo provocado pelo incremento de serviços adicionais, que surgem com a evolução do aquartelamento (Stephen et al., 2013), como é possível verificar na Tabela 3.1.8.

**Tabela 3.1.8 – Capitações (litros per capita por dia) do estudo Baseline Water Demand at Forward Operating Bases, (adaptada de Stephen et al., 2013).**

Consumo Básico			Consumo com Serviços Adicionais			Dados de consumo calculados por observação de práticas	
CASCOM	WHO	Bright Star	KBR	EPBS	CASCOM	Intervalo	Média
49,2	50,0	49,2	69,7	75,7	129,1	50,3-130,2	98,4

O estudo teve por base diferentes fontes:

- CASCOM – programa informático que calcula as necessidades de água com base na seleção do local do teatro de operações, número de militares e tipo de unidade;
- WHO – *World Health Organization*, organização que definiu as necessidades mínimas de água para a sustentação, baseada nos direitos básicos do homem;

<sup>22</sup> Até à atualidade, a NATO dispõe de informação acessível apenas para as três primeiras classificações: Essencial (“Integral”), Inicial e Temporário (Makinen, 2008). Os sistemas de abastecimento de água apresentados de acordo com a duração, têm como origem fontes muito dispersas, muitas das quais com diferentes classificações. Com base na duração foi feito um enquadramento das referências de forma a representar a informação num único quadro síntese.

<sup>23</sup> Na referência apresentada, o termo Permanente surge como Semi-permanente cuja duração compreende os 2 e os 10 anos, contudo prevalece a doutrina NATO, visto ser a organização a que o Exército Português está inserido.

<sup>24</sup> Fonte: FINABEL (2013), Headquarters, Department of the Army (2008).

- *Bright Star* – exercício do exército norte-americano para operações em áreas áridas; os dados de consumo foram obtidos através de observação do uso de água e da sua conservação/gasto;
- KBR – a sigla é utilizada para referenciar uma empresa de empreiteiros (Kellogg, Brown e Root) que, através do programa *Logistic Civil Augmentation Program*, calculou o consumo necessário num aquartelamento militar;
- EPBS – *Expeditionary Prime BEEF (Base Engineer Emergency Forces) Squadrons*, plano elaborado pela *US Air Force*, sob orientação das forças norte americanas no Afeganistão (USFOR-A), para servir como base ao cálculo das necessidades de água com o incremento dos serviços adicionais (Stephen et al., 2013).

### 3.2. Armazenamento de água em reservatórios vs. água engarrafada

O armazenamento de água é fundamental para a sustentabilidade da unidade militar, tendo uma grande ênfase quando a operação se desenvolve em regiões áridas, onde as necessidades de água são naturalmente maiores e a sua acessibilidade é menor (Headquarters, Department of the Army, 1990).

As fontes de água para funções que não a ingestão, em missões militares no Iraque, Afeganistão, Líbano, entre outras, foram geralmente furos ou poços de água. Esta forma de abastecimento envolve um custo inicial considerável na mobilização de equipamento para o teatro de operações e a longo prazo, com o custo de energia elétrica associada ao funcionamento das bombas de captação e equipamentos de tratamento da água. A primeira fase consiste, portanto, na captação e tratamento, e a segunda fase ao seu armazenamento (Joint Chiefs of Staff, 2010). Nas missões militares acima referidas, a água potável armazenada destinava-se sobretudo à higiene pessoal, confeção de alimentos, bar, lavagem de viaturas, enfermaria, instalações sanitárias e lavandaria, sendo que para ingestão era utilizada água engarrafada.

A água engarrafada é proveniente, geralmente, do comércio local (Headquarters, Department of the Army, 1990; Stephen et al., 2013) e deve ser utilizada nas primeiras fases de desenvolvimento do aquartelamento antes de poder ser estabelecido um sistema de tratamento de água por captação proveniente de um furo (Joint Chiefs of Staff, 2010; Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Commands, 2008; Headquarters, Department of the Army, 1990; Headquarters, Department of the Army, 2005). Todavia, atualmente é utilizada durante toda a operação o que acarreta diversas desvantagens:

- Elevado custo – o custo de transporte de água engarrafada, até ao posto de comando tático, segundo SERDP (2010), pode variar aproximadamente entre 1 até aos 12 € por litro. Segundo Headquarters, Department of the Army (2005), para apoiar as tropas no Uzbequistão, a agência logística de defesa do exército norte-americano estima que gastou para a compra e transporte de água engarrafada (1 milhão de litros de água) 770000 €. O custo estimado para o transporte e funcionamento de um sistema de tratamento de água por osmose reversa (ROWPU), com o equipamento auxiliar, representaria, para a mesma operação, um total de 280000 €;
- Grande quantidade de água desperdiçada – segundo SERDP (2010), metade das garrafas de água são eliminadas antes do consumo por se apresentarem danificadas fisicamente e, das restantes, um terço é rejeitado pela passagem do prazo de validade. Segundo dados observacionais, quando um indivíduo abre

uma garrafa de água e não a consome na totalidade, o desperdício chega a ser de 20% (Stephen et al., 2013);

- Qualidade química e inorgânica da água – não pode ser garantida no ponto de consumo, mesmo que as fábricas de produção estejam certificadas por unidades militares (Headquarters, Department of the Army, 2005);
- Aumento da necessidade de eliminação de resíduos – a eliminação das garrafas após o seu uso deve ser tida em conta, ainda no planeamento, pois representa custos adicionais na sua eliminação e transporte (US Army Corps of Engineers, 2009; Headquarters, Department of the Army 2005);
- Aumento da ameaça Terrorista – o abastecimento de água engarrafada tem que ser constante, assim como o seu transporte para o aquartelamento, o que cria uma rotina, favorecendo uma potencial ameaça terrorista (Headquarters, Department of the Army, 2005).

Contudo, o consumo de água engarrafada também apresenta algumas vantagens, tais como o aumento da flexibilidade no planeamento, o aumento da moral nos soldados, a percepção por parte dos militares de qualidade de vida, o facto de requerer menos desenvolvimento da infraestrutura que constitui o aquartelamento e por poder ser transportada pelos militares (Headquarters, Department of the Army 2005).

O sistema de abastecimento de água através de furos profundos no teatro de operações é, segundo algumas fontes, mais rentável e sustentável. O nível de contaminação biológica e química das águas subterrâneas é geralmente baixo e não costuma ter uma grande variação com a sazonalidade (US Army Corps of Engineers, 2009), o que permite uma captação de água com grande qualidade. Segundo Stephen et al. (2013), alguns campos militares no Afeganistão conseguiram produzir água de grande qualidade através do tratamento de água proveniente de furos, sem que fosse necessário um processo muito robusto de tratamento.

Os furos devem localizar-se na periferia ou mesmo dentro do aquartelamento, o que aumenta a segurança da fonte de água, visto que, assim, a sua localização fica abrangida pela área de segurança (US Army Corps of Engineers, 2009 e Headquarters, Department of the Army, 2008).

A execução de furos ou a utilização de água engarrafada, como sistema de abastecimento de água de aquartelamentos de campanha, deve ser estudada numa perspetiva económica, embora Headquarters, Department of the Army (2005) e US Army Corps of Engineers (2009) refiram o sistema de abastecimento de água proveniente de furos como a melhor forma de abastecimento de água potável num aquartelamento militar (STANAG 2885, 2010 e US Army Corps of Engineers, 2009).

Depois da água ser captada do furo, tratada e certificada como potável, poderá ser consumida de imediato ou transportada através de uma rede (Ministry of Defence, 2008) ou autotanques até ao reservatório (Headquarters, Department of the Army 2005). O sistema de distribuição inicia-se graviticamente, a partir de um reservatório, ou através de bombagem, no caso do reservatório não poder ser elevado por motivos de segurança (Ministry of Defence, 2008).

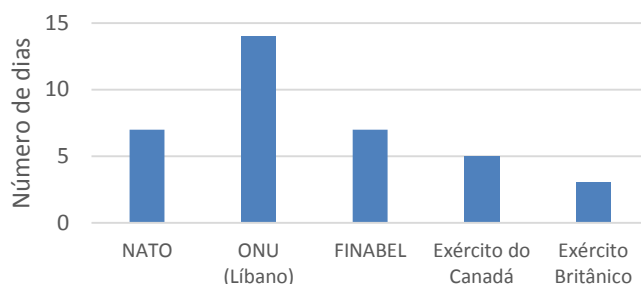
A localização do(s) reservatório(s) deve ser estudada no planeamento e deve obedecer a determinadas características de forma a efetuar a distribuição de água para os locais de consumo de forma segura e eficiente. Assim recomendam-se:

- Implantações próximas do local de tratamento (Joint Chiefs of Staff, 2010).



- Localizações, por questões de segurança, dentro do aquartelamento (Ministry of Defence, 2008).
- Locais de implantação aprovados pelo reconhecimento, em terrenos pouco acidentados, seguros relativamente à observação e ataque de inimigos e, suficientemente grandes para permitir o armazenamento e distribuição, mas não tão pequenos que inviabilizem as operações de manutenção.
- Solos de fundação com capacidade de suporte e, devidamente drenados;
- Locais com fácil acesso rodoviário (Headquarters Department of the Army, 1991).
- As plataformas onde se localizam os reservatórios devem estar na cota mais elevada do aquartelamento, no caso de um abastecimento gravítico (Finabel Coordinating Committee, 2007).
- Localizações próximas das instalações de maior consumo (Ministry of Defence, 2008).

O armazenamento deve ser suficiente para suportar o consumo de pico e manter a reserva de DOS<sup>25</sup> impostos pelo comando com responsabilidade para tal (Headquarters Department of the Army, 1991). Segundo Headquarters, Department of the Army (2005), este parâmetro varia com a missão e o clima. Na Figura 3.2.1 apresentam-se alguns valores deste parâmetro de acordo com as regulamentações de algumas organizações.



**Figura 3.2.1 – Variação de dias de abastecimento de reserva (DOS) de acordo com diferentes organizações (fontes: NATO, 2008; ordem de operações na operação portuguesa no Líbano - HQ NAQOURA UNIFIL Março de 2008; National Defence, 2005 e Ministry of Defence, 2008).**

<sup>25</sup> DOS – “Days Of Supply” – quantidade média de água necessária para o abastecimento de um ou mais dias, o cálculo deste parâmetro é baseado em níveis de consumo padrão organizacionais ou consumos padrão nacionais conforme o apropriado para a missão.

## 4. Drenagem de águas residuais em contexto operacional

Num teatro de operações a drenagem de águas residuais assume uma grande importância na manutenção da prontidão da força. Uma deficiente drenagem pode comprometer a saúde dos militares e, consequentemente, o sucesso da operação (Headquarters Department of the Army, 2002).

A drenagem e tratamento de águas residuais é essencial para prevenir a propagação de doenças causadas por contato direto, contaminação da água ou insetos e animais portadores de microorganismos patológicos, que surgem geralmente devido a um deficiente saneamento<sup>26</sup> (Headquarters Department of the Army, 2001 e Headquarters Department of the Army, 2002). Durante a guerra soviético-afegã (1979-1989), por exemplo, a União Soviética enviou 620 000 tropas para o Afeganistão, dos quais 2,33% morreram de ferimentos de guerra e 76% morreram de doenças como malária, febre tifóide, peste, difteria, meningite, desintéria, pneumonia, entre outros. Algumas destas doenças estão associadas ao deficiente sistema de saneamento e de condições de higiene (Headquarters, Department of the Army, 2002).

Além da manutenção de um ambiente saudável no aquartelamento, os comandantes devem preocupar-se, durante o planeamento, com o impacto que o saneamento do aquartelamento terá para o ambiente e para a saúde pública da nação hospedeira (Headquarters Department of the Army, 2008). Uma deficiente avaliação da drenagem de águas residuais no planeamento ou da sua correta execução, levou a que, recentemente, em teatros de operação como o Afeganistão e o Iraque, se tenham verificado alguns impactos negativos na saúde dos militares e traduzido em elevados custos associados, na transferência de aquartelamentos ou no encerramento dos mesmos (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Tal como referido, é importante para a segurança e para o sucesso das operações haver um bom relacionamento com a nação hospedeira, pelo que devem ser cumpridas as normas de saneamento que esta impõe, assim como todas as normas internacionais referentes a esta temática, tema que será abordado com maior profundidade no capítulo 5.

Segundo National Defence (2005), Headquarters, Department of the Army (2013) e Ministry of Defence (2008), deve ser prevista a drenagem separada das águas cinzentas e das águas negras em campanha. Entende-se por águas cinzentas, as águas residuais provenientes dos processos domésticos, tais como a lavagem de roupa, banhos, higiene pessoal, confeção de alimentos, lavagem de veículos e pavimentos ou resultantes de um equipamento de tratamento de água (Ministry of Defence, 2008). Por sua vez, as águas negras são definidas como as águas residuais provenientes de latrinas, sendo estas compostas por matéria fecal e urina, ou seja, compostos de elevada carga orgânica (Ministry of Defence, 2008). No entanto, segundo National Defence (2005) as águas residuais provenientes de cozinhas e de hospitais também podem ser consideradas como negras devido à possibilidade destas possuírem uma elevada carga orgânica e bacteriológica. Como o nível de tratamento exigido às águas negras é superior ao das águas cinzentas, devem ser previstas medidas diferentes para cada um destes efluentes, com o intuito de melhorar a eficiência do processo de tratamento (National Defence, 2005).

---

<sup>26</sup> Um aquartelamento desprovido de métodos de tratamento de resíduos pode tornar-se um foco de doenças, tais como, a disenteria (amebiana e bacilar), febre tifóide, paratifóide, e cólera (Headquarters, Department of the Army, 2002). Este problema é tanto maior quanto maior for o tempo de permanência das forças nestas circunstâncias (SERDP, 2010).

Apesar de ser referido pelas fontes militares anteriormente indicadas que deve ser feita a separação entre águas negras e águas cinzentas em todo o período de campanha, são indicados métodos de tratamento e recolha, expeditos e muito rudimentares, geralmente aplicados para um máximo de 60 dias ou, para uma duração superior, como medida provisória, enquanto se procede à instalação da força no teatro de operações. Poderão também ser utilizados métodos expeditos em aquartelamentos com instalações sanitárias permanentes caso o abastecimento de água até às mesmas seja comprometido. Após o período de 60 dias são recomendadas soluções de tratamento correntes como sistemas de lagunagem, fossas sépticas ou uma ETAR's (Headquarters, Department of the Army, 2013; National Defence, 2005; Bowling et al., 2008), o que revela que deverá ser implementada uma rede de drenagem doméstica corrente, sem separação de águas cinzentas e águas negras.

Assim, optou-se por estruturar este capítulo abordando inicialmente a fase de planeamento, com todas as condicionantes que este envolve e, subsequentemente, com a recomendação das soluções aplicáveis em situações de campanha.

#### **4.1. A importância do planeamento**

O planeamento e gestão das águas residuais requer o conhecimento das características qualitativas e quantitativas do efluente. Contudo não é suficiente efetuar uma abordagem baseada apenas em dados qualitativos e quantitativos para identificar a solução mais adequada às características do teatro de operações, devendo ter-se em conta a garantia de sustentabilidade da unidade militar, a manutenção da sua prontidão, a proteção ambiental, a disponibilidade dos materiais necessários para a construção da rede de drenagem e a manutenção da solução. Todos esses elementos serão utilizados para determinar o financiamento necessário para a sua execução, ou para aplicação em possíveis contratos de gestão de águas residuais com a nação hospedeira (Jr. Arlindo et al., 2005 e Headquarters, Department of the Army, 2013).

Segundo Headquarters, Department of the Army (2013), o processo de decisão militar para a gestão de águas residuais deve integrar as seguintes etapas:

- Análise de situação.
- Desenvolvimento de estimativas.
- Identificação de necessidades.
- Avaliação das capacidades de gestão de águas residuais.
- Identificação de soluções.

Este capítulo destina-se a apoiar a decisão dos comandantes na escolha da melhor solução a adotar para cada operação. Para tal, encontra-se estruturado numa abordagem semelhante ao planeamento militar para melhor contextualizar o leitor.

#### **4.2. Análise de situação**

A análise de situação consiste na recolha de informações provenientes de dados estatísticos, de observações, do reconhecimento das infraestruturas existentes ou de avaliações realizadas às mesmas. Estas informações poderão ser importantes em contexto militar, por exemplo, para avaliar a possibilidade da rede existente receber

as águas residuais provenientes do aquartelamento (Headquarters, Department of the Army, 2013). Os fatores que integram esta fase do planeamento, como a missão, inimigo, terreno, clima, suporte disponível, tempo disponível e considerações de natureza civil, variam consoante o teatro de operações (Headquarters, Department of the Army, 2001).

Os fatores em análise são semelhantes caso se trate da drenagem de águas cinzentas ou negras, em redes distintas ou na mesma rede, e são descritos de seguida:

- **Missão:** informações relativas à sua duração e ao tipo de serviços necessários no aquartelamento, que requeiram a drenagem e tratamento de águas residuais. A duração da missão poderá influenciar, por exemplo, a escolha do tipo de latrinas de campanha e o sistema de tratamento de águas residuais a adotar (Headquarters, Department of the Army, 2001).
- **Inimigo:** considerações de segurança, nomeadamente quanto ao acesso de empresas locais responsáveis pela gestão de águas residuais provenientes do aquartelamento (Headquarters, Department of the Army, 2013).
- **Terreno:** a orografia da região é uma informação essencial em campanha, influenciando diretamente a seleção do local onde será implantado o aquartelamento e como será construído. Quando, por motivos operacionais, não for possível implantar o aquartelamento em locais pouco acidentados, poderá ser necessário proceder-se à movimentação de um grande volume de terras, implicando um elevado esforço por parte da unidade militar (US Army Corps of Engineers, 2009). A topografia do local assume especial importância no traçado da rede de drenagem e no seu dimensionamento, como se verificará no caso de estudo (capítulo 6).

As informações referentes à orografia e ao tipo de solo, também poderão ser importantes no estudo de órgãos de tratamento de águas residuais que, em campanha, têm geralmente por base a infiltração do efluente no solo (Headquarters, Department of the Army, 2013).

- **Clima:** o conhecimento do clima é importante não só para a seleção do tipo de órgão de tratamento de águas residuais, como também para o seu correto funcionamento. Os efeitos de uma chuva torrencial, de um clima muito húmido ou de temperaturas muito baixas podem vir a condicionar a aplicação de determinados métodos de drenagem e a tratamento de águas cinzentas. Temperaturas muito baixas podem, por exemplo, congelar os efluentes ou afetar a evaporação ou absorção de um sistema de tratamento de águas cinzentas (Headquarters, Department of the Army, 2013).

As reduzidas temperaturas e humidade podem dificultar a decomposição e a evaporação em sistemas de tratamento biológicos, reduzindo a eficiência, por exemplo, das lagoas de estabilização (Metcalf & Eddy, 2004).

- **Meios disponíveis:** a disponibilidade das unidades de engenharia é um fator que deve ser tido em conta no planeamento do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais. Devem ser analisadas as capacidades de construção e manutenção das soluções adotadas por parte das unidades de engenharia, bem como a disponibilidade de verbas para o contrato com uma empresa local que se encarregue da gestão das águas residuais, caso esta medida seja viável no teatro de operações (US Army Corps of Engineers, 2009 e Headquarters, Department of the Army, 2013).

- **Tempo disponível:** o tempo é sempre um fator fundamental numa operação militar. É indispensável aferir o tempo disponível na construção do sistema de drenagem e o período de vida útil do mesmo (Headquarters, Department of the Army, 2013). As decisões sobre o planeamento de um aquartelamento são muitas vezes tomadas num curto período de tempo, o que faz com que o planeamento seja realizado com poucas informações disponíveis. Por outro lado, a decisão sobre os materiais necessários para a execução de uma solução poderá ser tomada só quando a unidade militar já estiver no teatro de operações, o que poderá implicar a adoção de medidas provisórias (US Army Corps of Engineers, 2009).
- **Considerações civis:** a análise efetuada deve ter em conta áreas sensíveis, nomeadamente, locais históricos, religiosos, culturais, áreas agrícolas e com importância para a sustentabilidade da população local. Na fase de planeamento devem também analisar-se normas de construção, políticas e diretrizes relacionadas com o teatro de operações. O responsável pelo planeamento da drenagem de águas residuais do aquartelamento de campanha deve assegurar-se que o comandante e o seu estado-maior compreendem os efeitos a longo prazo do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais adotado (Headquarters, Department of the Army, 2013).

### 4.3. Desenvolvimento de estimativas

O desenvolvimento de estimativas é importante para avaliar o caudal de águas residuais que será produzido pelo aquartelamento. Esta etapa do planeamento é importante, por exemplo, no caso de existirem infraestruturas locais, com vista a avaliar a capacidade destas receberem os caudais produzidos pelo novo aquartelamento. No caso de ser necessário conceber uma infraestrutura de drenagem, o caudal produzido influencia diretamente o dimensionamento das condutas e dos órgãos de tratamento utilizados (Headquarters, Department of the Army, 2001). A doutrina norte-americana prevê o cálculo das estimativas de caudal tendo em conta o volume de águas residuais produzido por instalação ou contentor, como se observa na Tabela 4.3.1.

**Tabela 4.3.1 – Produção de águas residuais por instalação (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

Fonte	Produção Águas Residuais
Força militar em movimento (l/dia)	1 a 3,8
Aquartelamentos permanentes (l/dia/militar)	300 a 380
Casas-de-banho para mulheres (l/militar/dia)	151
Casas-de-banho para homens <sup>27</sup> (l/militar/dia)	61
Lavatórios (l/dia/militar)	3,8
Limpeza (l/dia/100 militares)	415
Lavandaria escalão companhia (l/dia)	2000000
Lavagem de viaturas (l/veículo)	197
Hospitais (l/dia/cama)	760
Instalações sanitárias contentorizadas <sup>28</sup> (l/dia)	13100
Local de banhos contentorizado <sup>29</sup> (l/dia)	19700
Cozinha (l/dia/militar)	3,8 a 19

<sup>27</sup> Segundo Headquarters, Department of the Army (2013), as casas-de-banho masculinas contêm urinóis e cerca de 50% da totalidade de produção de águas residuais nestas instalações é proveniente destes equipamentos.

<sup>28</sup> Segundo Headquarters, Department of the Army (2013), o contentor de instalação sanitária considerado possui 6 retretes, 1 urinol e 2 lavatórios.

<sup>29</sup> Considerou-se um contentor destinado a banhos com 12 chuveiros e uma média de 10 minutos/banho/militar/dia (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Os valores acima apresentados indicam apenas ordens de grandeza de forma a contextualizar o conteúdo para os consumos em campanha.

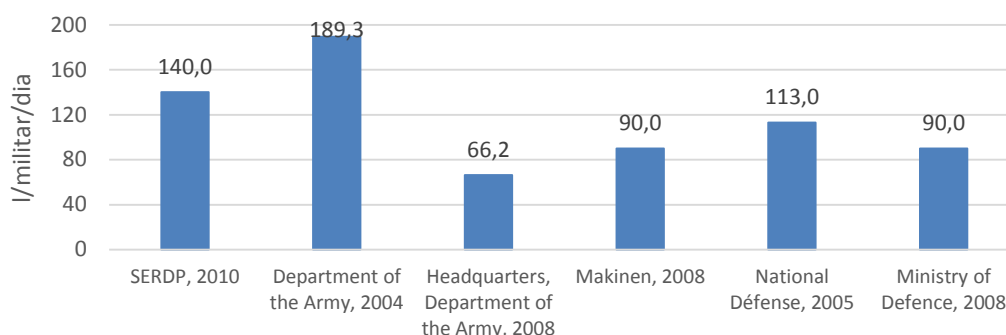
A produção de águas residuais de uma força militar em movimento é diminuta visto que não é expectável que os militares tomem banho, lavem roupa ou procedam à lavagem de viaturas. Também não é necessária água na confeção de alimentos pois a alimentação dos militares assenta, essencialmente, em rações de combate (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Para estimar o número de latrinas necessárias, a doutrina americana defende que basta multiplicar o número de homens por 4% e o número de mulheres por 6%, arredondando ao maior número inteiro possível (Headquarters, Department of the Army, 2001). Segundo Makinen (2008), a NATO prevê um número de latrinas equivalente a 12,5% do número de militares e um número de urinóis correspondente a 10% do número de homens (valores superiores aos da doutrina americana), prevendo ainda uma lavandaria por aquartelamento, um local de lavagem de viaturas por cada 250 militares, uma cozinha por cada 125 militares e um local de banhos cujo número de chuveiros corresponde a 12,5% do número de militares (Makinen, 2008).

Grande parte do volume de águas residuais é proveniente da lavandaria, banhos e refeitório, estimando-se que 70% do consumo de água num refeitório dê origem a águas cinzentas, enquanto que uma lavandaria ou uma central de banhos, essa percentagem atinja, aproximadamente, 100%. Estima-se que, na totalidade, 80% de toda a aplicação de água termine na produção de águas residuais (Headquarters Department of the Army, 2013). As estimativas de produção de águas residuais servem como orientação geral e devem ser atualizadas sempre que existirem outros fatores que façam variar a produção (tais como o racionamento do gasto de água), para que as estimativas sejam o mais precisas possível (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Fazendo um paralelismo com a regulamentação pública portuguesa, as percentagens acima referidas são bastante semelhantes ao previsto pelo fator de afluência aplicado no dimensionamento das redes de drenagem de águas residuais, que prevê que cerca de 70 a 90% da água distribuída origina águas residuais (Decreto 23/95, Artigo 123º do RGSPDADAR - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de águas Residuais, 1995), sendo geralmente utilizado um valor de 80% (Sousa e Marques, 2011). Este valor poderá ser utilizado como referência no dimensionamento da rede de drenagem de um aquartelamento, visto que, geralmente, a regulamentação portuguesa é utilizada pelo Exército em missões internacionais, como será abordado no capítulo 5.

Na Figura 4.3.1 apresentam-se alguns valores das capitações padrão recomendados pelas referências (identificadas na mesma figura), adequados ao dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais, verificando-se, no entanto, alguma variação entre fontes. É importante referir que os dados representados na figura são valores médios diários, não afetados, portanto, por fatores de ponta.



**Figura 4.3.1 – Capitações padrão para dimensionamento da rede de drenagem em aquartelamentos de campanha segundo algumas referências.**

#### 4.4. Identificação de necessidades

As necessidades do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais são identificadas consoante o tempo de permanência e a intensidade do combate no teatro de operações. Com um maior tempo de permanência no teatro de operações surge, naturalmente, um aumento da necessidade de uma solução mais sustentável, eficiente e económica, tendo em vista um incremento das condições de comodidade (Headquarters Department of the Army, 2013).

Os requisitos exigidos pela força também variam com a componente operacional, nomeadamente a intensidade de combate. Em geral, quanto mais austero o teatro de operações, mais indicada será a aplicação de métodos expeditos para tratamento de águas residuais, como será abordado nos subcapítulos 4.6.1 e 4.6.2. Todavia, sempre que possível deve optar-se por métodos mais robustos que garantam uma melhor eficiência (US Army Corps of Engineers, 2009).

À medida que o aquartelamento se vai desenvolvendo, assumindo um papel mais duradouro, tende-se a assistir à substituição de latrinas mais rudimentares por latrinas químicas<sup>30</sup>, à construção de fossas sépticas e, finalmente, à adoção de sistemas de tratamento mais complexos, como por exemplo, uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR). O campo militar norte-americano Bondsteel, no Kosovo, é um exemplo desta evolução. As águas residuais foram inicialmente depositadas num reservatório rebocado e só posteriormente depositadas numa trincheira. Com o incremento das exigências, substituiu-se este método por uma lagoa arejada com quatro células e, posteriormente, por uma estação de tratamento de águas residuais (SERDP, 2010).

A Tabela 4.4.1 apresenta um conjunto de soluções possíveis que variam consoante o tempo de permanência no teatro de operações, baseadas em algumas referências militares, nomeadamente dos exércitos dos Estados Unidos da América, Canadá e Reino Unido (Bowling et al., 2008; Headquarters, Department of the Army, 2013; National Defence, 2005; Ministry of Defence, 2008).

<sup>30</sup> O nome de latrinas químicas aparece em diversas fontes referenciado como Porta-Johns, nome associado à marca que comercializa estas latrinas portáteis (SERDP, 2010 e US Army Corps of Engineers, 2009).

**Tabela 4.4.1 – Soluções para a tratamento e recolha de águas residuais, baseadas no tempo de permanência no teatro de operações.**

Tempo de Permanência	“Integral”/Inicial (< 6 meses)	Temporário (6 a 24 meses)	Permanente (> 2 anos)
<b>Águas Cinzentas</b>	Poços de infiltração Trincheiras de infiltração Lagoas de evaporação	Fossa séptica com campo de infiltração Sistema de lagunagem Estação de tratamento de águas residuais portátil ETAR	ETAR Sistema de lagunagem
<b>Águas Negras</b>	Latrinas de queima ( <i>burnout latrines</i> ) Latrinas com recurso a poço Latrinas químicas Poço de infiltração para urina Latrinas <i>straddle trench</i> Latrinas profunda Latrinas de aterro	Lagoas de evaporação Sistema de lagunagem Estação de tratamento de águas residuais portátil Fossa séptica com trincheiras de infiltração	ETAR Sistema de lagunagem

#### 4.5. Avaliação da capacidade de gestão de águas residuais

Na fase de planeamento deve ser avaliada a capacidade da força em adotar as soluções necessárias. Assim, torna-se de extrema importância aferir a disponibilidade de mão-de-obra, equipamentos, materiais e financiamento para a construção e manutenção das soluções adotadas, de modo a selecionar qual a melhor opção, em função das condicionantes existentes. Na Tabela 4.5.1 encontra-se um exemplo de uma análise da necessidade de mão-de-obra, decomposta por tipos de intervenção, para a execução de um sistema de drenagem de águas residuais.

**Tabela 4.5.1 – Tabela de necessidades militares/hora para a construção da rede de drenagem de águas residuais, zona de banhos e latrina<sup>31</sup>, para um clima temperado (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2008).**

Instalações	Tamanho/Capacidade	Recomendações	Quantidade	Construção (militares/hora)			
				Horizontal	Vertical	Outros	Total
<b>Zona de banhos de campanha e latrina</b>	6x9x2,4 m	1 chuveiro por cada 10 militares	1	24	941	61	1026
<b>Rede de drenagem de águas residuais</b>	500 militares	66,2 l/militar/dia	1	205	384	490	1079

#### 4.6. Identificação de soluções

Alguns exércitos defendem que se deve utilizar, sempre que possível, as infraestruturas drenagem existentes (Finabel Coordinating Committee, 2007; Headquarters, Department of the Army, 2013; Makinen, 2008; Ministry of Defence, 2008), sendo necessário avaliar se estas têm capacidade para receber as águas residuais do futuro aquartelamento. No caso de existir essa possibilidade, são necessários os serviços de Engenharia para garantir

<sup>31</sup> A necessidade de militares/hora para a construção é influenciada pelo clima. Para ter em consideração este parâmetro são utilizados fatores multiplicativos para aumentar o número de militares/hora necessários. Um clima tropical requer um fator multiplicativo de 1,45, um clima árido de 1,15 e um clima ártico de 2,57 (Headquarters, Department of the Army, 2008).



uma drenagem eficaz, da ligação da rede a construir à rede pública existente (Headquarters, Department of the Army, 2013; Ministry of Defense, 2008).

Esta opção traz inúmeras vantagens para a força destacada, nomeadamente quanto à redução do empenhamento da força no teatro de operações, a melhoria da qualidade de vida dos militares e a redução da quantidade de recursos humanos e materiais necessários. No entanto, também pode trazer algumas desvantagens, tais como um possível impacto negativo na população e a exigência de uma maior proximidade com a população local, o que, a nível operacional, pode não ser favorável (Headquarters, Department of the Army, 2013).

No caso desta possibilidade não ser vantajosa por questões operacionais, técnicas ou humanitárias, deve ser implementado um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais independente do existente (Ministry of Defence, 2008; US Army Corps of Engineers, 2009), que deverá suportar o volume de águas residuais produzido (National Defense, 2005). Uma das soluções pode passar pelo armazenamento temporário das águas residuais em reservatórios e posterior transferência para uma ETAR de um aquartelamento próximo ou de uma empresa local, caso a situação o permita. Como geralmente os equipamentos necessários (camiões, tanques de águas residuais e bombas) não são orgânicos<sup>32</sup> da grande maioria das unidades, esta opção requer um planeamento e coordenação minuciosos. Os reservatórios devem ser devidamente identificados para que, em nenhuma ocasião, possam ser confundidos com os reservatórios de abastecimento de água potável (Headquarters Department of the Army, 2013).

De seguida apresentam-se as soluções mais referenciadas para utilização em aquartelamentos de campanha, abordando-se os fatores que podem influenciar a escolha por determinadas soluções, a recolha e análise de informações do local, pormenores construtivos e regras de segurança necessárias de forma a prevenir a contaminação de recursos essenciais à sobrevivência dos militares no teatro de operações.

#### **4.6.1. Métodos expeditos para tratamento de águas cinzentas em campanha**

Os métodos expeditos utilizados pelo exército norte-americano no tratamento de águas cinzentas, em campanha, incluem poços de infiltração, trincheiras de infiltração e lagoas de evaporação. A adoção destes métodos depende das características do solo e do clima, apresentando, geralmente, capacidade suficiente para tratar os caudais produzidos por balneários, lavandarias e cozinhas, por curtos períodos de tempo.

O apoio da engenharia militar é necessário na apropriação do terreno, variando o volume de trabalho consoante o volume de águas cinzentas produzido. Para construir este tipo de soluções é necessário que o planeamento tenha em conta os materiais e equipamentos necessários e se proceda à sua requisição o mais cedo possível. A aplicação destes métodos é recomendada apenas ao escalão companhia com uma produção de águas residuais de aproximadamente 3 800 a 18 900 litros/dia, podendo também ser eficazes para volumes maiores, dependendo do local, recursos disponíveis, tipo de solo, nível freático e tempo de permanência no teatro de operações, se se assegurar uma construção cuidada e uma manutenção correta (Headquarters Department of the Army, 2013).

---

<sup>32</sup> Um equipamento orgânico consiste num equipamento que pertence ao quadro organizacional da unidade destacada.

A eficiência dos métodos expeditos depende muito do tipo de solo, pelo que se devem realizar testes de percolação de forma a avaliar a capacidade de absorção do solo ou, em alternativa, devem obter-se informações relacionadas com o tipo de terreno do local onde serão implementados este tipo de sistemas. Segundo Department of the Army (2013), um teste de percolação expedito pode ser constituído pelas seguintes fases:

- Passo 1 – perfurar um ou mais poços de teste com uma secção de 30x30 cm e com uma profundidade de 30 cm.
- Passo 2 - preencher o(s) poço(s) com água e deixar esta infiltrar-se no solo circundante.
- Passo 3 – voltar a encher o poço com água até uma altura de 15 cm.
- Passo 4 – medir o tempo necessário para o nível de água baixar 2,5 cm.

O passo 2 resulta da necessidade de reduzir a velocidade de abaixamento do nível de água, ou seja, que as condições do solo na realização do teste sejam o mais saturado possível (FUNASA, 2006). Este procedimento garante que o solo se comporta de forma semelhante na estação mais húmida do ano (Bartolomeu, 1996).

Segundo Morais (1977), Bartolomeu (1996) e Pedroso (2008), os órgãos de tratamento apresentados nos parágrafos seguintes são geralmente referenciados como órgãos subsequentes a uma fossa séptica, sendo usualmente aplicados a pequenos aglomerados populacionais. A sua aplicação a nível militar, nomeadamente em aquartelamentos de campanha, deve-se sobretudo à simplicidade da sua construção e ao facto de estes serem um meio eficiente e com pouca necessidade de recursos materiais para a construção. Além disso, um aquartelamento de campanha é semelhante a um pequeno aglomerado populacional, o que justifica a sua escolha. As soluções para tratamento das águas residuais aparecem separadas para tratamento de águas cinzentas e águas negras, como já referido, pois é essa a metodologia aplicada pelas referências militares.

#### **A. Poço de Infiltração**

Um poço de infiltração consiste numa escavação, geralmente cilíndrica, destinada à infiltração do efluente no solo. A aplicação deste elemento é aconselhada quando o solo é constituído por camadas impermeáveis assentes sobre formações permeáveis existentes a reduzida profundidade (Morais, 1977).

Todavia, nalgumas referências militares, este dispositivo surge com uma geometria cúbica (Headquarters, Department of the Army, 2013 e Headquarters, Department of the Army, 2001). O dimensionamento destes poços, tal como noutros métodos expeditos, pode ser feito através de um método indireto. Para isso é indicado o dimensionamento com recurso a tabelas (ver Tabela 4.6.1) que relacionam o tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5 cm, obtido no teste de percolação, com a dimensão necessária para o elemento.

**Tabela 4.6.1 – Altura útil do poço de infiltração em função da velocidade de percolação e do diâmetro do poço considerado (adaptada de Bartolomeu, 1996 e Morais, 1977).**

Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Taxa de infiltração (l/m <sup>2</sup> /dia)	Permeabilidade (cm/s)	Natureza dos solos	Diâmetro do poço (m)						
				1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
≤2	130	1x10 <sup>-2</sup>	Areia grossa	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,16	0,13
3	105	5x10 <sup>-3</sup>	Mistura de areia	0,47	0,38	0,31	0,27	0,24	0,19	0,16
4	90			0,54	0,43	0,36	0,31	0,27	0,22	0,18
5	85			0,59	0,47	0,39	0,34	0,30	0,24	0,20
10	60	1x10 <sup>-3</sup>	Areia fina	0,78	0,62	0,52	0,45	0,39	0,31	0,26
15	45			0,89	0,71	0,59	0,51	0,45	0,39	0,30
30	35	1x10 <sup>-4</sup>	Areia siltosa	1,17	0,94	0,78	0,67	0,59	0,47	0,39
>30			Não aplicável							

A verificação do dimensionamento resultante do método indireto faz-se através da equação (1).

$$\pi \times D \times h_p \geq \frac{Pop \times Cap}{Qu} \quad (1)$$

em que: D – diâmetro do poço (m)

$h_p$  – altura das camadas permeáveis (m)

Pop – número de militares do aquartelamento de campanha

Cap – captação de águas cinzentas (l/militar.dia)

$Q_u$  – taxa de infiltração de águas cinzentas (l/m<sup>2</sup>/dia)

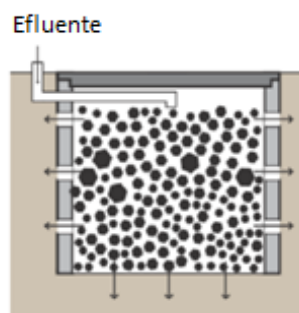
Quando este método é utilizado na depuração das águas cinzentas de uma cozinha, é necessário pré-tratamento, através de um filtro de gorduras que será mencionado posteriormente neste capítulo, visto a sua utilização ser comum a outros métodos (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Caso a utilização deste método dure várias semanas, é aconselhável a aplicação destes dispositivos aos pares de forma a alternar o seu uso, criando um período do repouso e evitando problemas de colmatção do sistema. A aplicação de dois dispositivos em simultâneo deve ser feita de forma a que haja uma distribuição equitativa do efluente para cada um deles (Headquarters, Department of the Army, 2013). A distância entre dois elementos deve ser cerca de três vezes o diâmetro do maior poço, sendo que o diâmetro dos poços pode variar entre 1 e 3 metros (Morais, 1977).

O poço mais rudimentar é constituído apenas pela escavação e por uma camada de brita, gravilha ou escórias de 2 a 5 cm de diâmetro (ver Figura 4.6.1). Em alternativa poderá aplicar-se uma construção mais cuidadosa quando existir disponibilidade de materiais de construção no teatro de operações, através de paredes de alvenaria com juntas abertas ou manilhas de betão perfuradas na zona adjacente à camada de solo permeável (ver Figura 4.6.2). Na Figura B.1, do Anexo B, apresenta-se uma possível solução de conceção deste elemento.



**Figura 4.6.1 – Poço de infiltração, fonte: Ahmed, 2013.**



**Figura 4.6.2 – Poço de infiltração com paredes de alvenaria (adaptada de Bartolomeu, 1996).**

Para garantir a eficiência deste método, a base do poço deve estar a, pelo menos, 1,5 m acima do nível freático (Morais, 1977). A entrada de pluviosidade no poço iria dificultar a eficiência do processo visto que o volume do poço não foi calculado para receber a água das chuvas, o que torna necessário a existência de uma cobertura impermeável (Headquarters, Department of the Army, 2013). Devido ao perigo de contaminação, estes dispositivos devem localizar-se a uma distância mínima de 30 m de qualquer fonte de água (National Defence, 2005). Quando os solos são permeáveis à superfície é mais indicado que se construam trincheiras de infiltração, cuja construção é menos onerosa, sendo o risco de contaminação do lençol freático menor (Morais, 1977).

#### **Vantagens**

- Fácil construção
- Reduzido custo de construção e manutenção
- Construção com materiais locais
- Método económico quando o solo é permeável

#### **Desvantagens**

- Perigo de contaminação de águas subterrâneas
- Não pode ser construído em terreno rochoso ou com o nível freático elevado
- Necessita de pré-tratamento
- Dependente do clima

### **B. Trincheiras de infiltração**

Segundo Bartolomeu (1996), uma trincheira de infiltração consiste numa vala relativamente extensa, não excedendo, no entanto, os 25 m de comprimento. A profundidade da trincheira deve estar compreendida entre 0,50 m e 1,00 m, na qual é instalada uma tubagem de distribuição de efluente, envolta num material drenante (ver Figura B.2, no Anexo B). Este método pode substituir o poço de infiltração quando o nível freático impossibilitar a sua construção, ou quando os solos são rochosos mas superficialmente permeáveis (Morais, 1977).

Tal como o órgão de tratamento anterior, o dimensionamento das trincheiras de infiltração pode também ser realizado pelo método indireto após a obtenção dos resultados do teste de percolação (ver Tabela 4.6.2).

**Tabela 4.6.2 – Dimensionamento de trincheiras de infiltração (adaptada de Moraes, 1977).**

Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Taxa de infiltração (l/m²/dia)	Comprimento da trincheira de infiltração (m/hab)		
		Largura do fundo da Trincheira (m)		
		0,40	0,60	0,90
≤2	130	1,5	1,0	0,7
3	105	1,9	1,3	0,9
4	90	2,2	1,5	1,0
5	85	2,4	1,6	1,1
10	60	3,3	2,2	1,5
15	45	4,4	3,0	2,0
30	35	5,7	3,8	2,5
60	25	8,0	5,3	3,6
>60	Não Aplicável			

Após a obtenção dos resultados pode verificar-se o dimensionamento realizado através da equação (2).

$$a \times l \geq \frac{Pop \times Cap}{Qu} \quad (2)$$

em que: a – largura da trincheira (m)

l – comprimento total da trincheira (m)

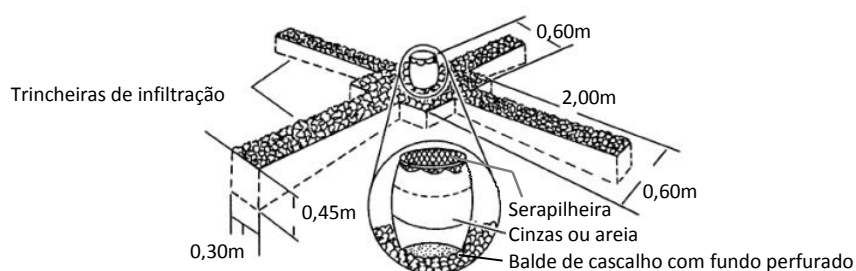
Pop – população (habitantes ou, em contexto militar, o número de militares)

cap – captação de águas cinzentas (l/militar.dia)

Qu – taxa de infiltração de águas cinzentas (l/m².dia)

Se o solo demorar mais de 60 min a absorver 2,5 cm de água, este método não é suscetível de ser aplicado nestas condições, sendo preferível optar por construir um aterro filtrante ou uma plataforma de evapotranspiração (US Corps of Engineers, 2009; National Defence, 2005), métodos que serão abordados no subcapítulo 4.6.2.

Para que a probabilidade de contaminação seja mínima, o conjunto de trincheiras de infiltração deve estar afastado no mínimo de 300 m de qualquer fonte de água e a uma distância significativa acima do nível freático. Esta solução pode também ser aplicada sob a forma de um sistema constituído por trincheiras de infiltração e por um poço de infiltração, com a particularidade de que este poço possui uma área de 0,40 m² e uma profundidade de, aproximadamente, um quinto da profundidade de um poço de infiltração corrente. Deste poço de infiltração irradiam trincheiras de infiltração de cada um dos quatro lados (ver Figura 4.6.3), com um comprimento não inferior a 2,0 m. A secção transversal da trincheira apresenta altura variável, tendo no centro cerca de 0,30 m e na extremidade, aproximadamente, 0,45 m (Headquarters, Department of the Army, 2013).



**Figura 4.6.3 – Representação de uma trincheira de infiltração (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).**

O preenchimento deve ser feito, à semelhança do método anterior, com uma camada de brita, gravilha ou escórias, com 2 a 5 cm de diâmetro. Deve ser construída uma unidade para cada 100 militares, compreendendo os serviços de lavanderia, confeção de alimentos e balneários, sendo que a sua utilização deve ser alternada diariamente. Segundo a doutrina do exército norte-americano (Headquarters, Department of the Army, 2013), a determinação do comprimento necessário para as trincheiras deve ser feita da seguinte forma:

- Passo 1 – realização de um teste de percolação;
- Passo 2 – aplicação da mesma taxa de infiltração por dia e por m<sup>2</sup> utilizada nos poços de infiltração, com base nos resultados do passo anterior;
- Passo 3 – divisão do caudal do efluente (l/dia) estimado, pela taxa de infiltração (l/m<sup>2</sup>/dia), obtendo-se a área de absorção necessária;
- Passo 4 – divisão da área de absorção por 8, que corresponde ao total de paredes de infiltração que constituem as trincheiras, obtém-se a área necessária a cada parede de trincheira;
- Passo 5 – divisão do resultado anterior por 0,38 (altura média entre o início e o final da trincheira) obtém-se o comprimento da trincheira.

Atendendo a que uma trincheira de infiltração pode não ser suficiente para infiltrar o volume de águas residuais produzido num aquartelamento, poderá haver necessidade de adotar várias trincheiras unidas a uma caixa repartidora, sendo que esse conjunto designa-se por leito de infiltração (Morais, 1977).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil construção</li> <li>• Reduzido custo de construção e manutenção</li> <li>• Não necessita de grande profundidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perigo de contaminação das águas subterrâneas</li> <li>• Necessita de pré-tratamento</li> <li>• Dependente do clima</li> </ul>

Tal como referido, a eficiência dos poços e trincheiras de infiltração depende muito do solo existente, nomeadamente quanto à existência de formações permeáveis à superfície e quanto às características topográficas, geológicas e hidrogeológicas locais. Na Tabela 4.6.3 apresentam-se as características necessárias para aferir a possibilidade de aplicação dos elementos de infiltração mencionados.

**Tabela 4.6.3 – Características a considerar na implantação de órgãos de infiltração (adaptada de Moraes, 1977).**

Características	Muito favorável	Favorável	Pouco favorável	Desfavorável
Inclinação do terreno (%)	<2,0	2,0 a 8,0	8,0 a 15	>15
Profundidade de uma formação rochosa fissurada ou cascalhenta (m)	>2,0	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5	<1,0
Profundidade de uma formação impermeável (m)	>2,5	1,5 a 2,5	1,0 a 1,5	<1,0
Nível freático normal de Inverno (m)	>3,0	3,0 a 1,0	1,0 a 0,5	<0,5

Nota: As profundidades devem ser medidas desde o fundo dos órgãos de infiltração.

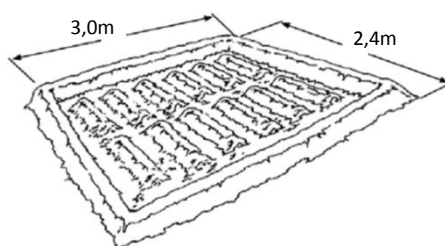
Para operação e manutenção são aconselhadas as seguintes práticas:

- As trincheiras de infiltração e os poços de infiltração devem ser inspecionados semestralmente;
- No caso de se verificar uma redução da capacidade de absorção das trincheiras ou poços de infiltração deve proceder-se à limpeza da camada drenante (brita, gravilha ou escórias) ou à sua substituição. Em último caso, devem construir-se novas unidades, caso o solo tenha atingido a saturação (FUNASA, 2006).

A determinação rigorosa da taxa de infiltração de água no solo é importante para o correto dimensionamento dos elementos de infiltração. Em alternativa à realização dos ensaios de percolação são recomendados os ensaios laboratoriais para determinação da permeabilidade do solo, por apresentarem diversas vantagens como: rapidez de execução, fácil execução e precisão. Todavia, em campanha os meios laboratoriais não se encontram muitas vezes disponíveis na área de operações, o que inviabiliza esta opção.

### C. Lagoas de evaporação

Segundo Headquarters, Department of the Army (2013), o método mais simples para tratamento de um grande volume de águas cinzentas em campanha, é a lagoa de evaporação, representada na Figura 4.6.4, sendo que a depuração das águas cinzentas dá-se pelos processos de percolação, oxidação e evaporação (Headquarters, Department of the Army, 2002).



**Figura 4.6.4 – Representação de uma lagoa de evaporação (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).**

Este método pode ser necessário em condições que impossibilitem a construção de poços ou trincheiras de infiltração, devido ao nível freático se encontrar muito elevado ou caso exista um substrato impermeável. O clima mais favorável à utilização de lagoas de evaporação é um clima quente e seco pois conduz a uma mais rápida evaporação das águas cinzentas. Segundo a referência, é suficiente construir-se aproximadamente, 0,30 m<sup>2</sup>/militar/dia para o efluente proveniente do local de confeção de alimentos e 0,20 m<sup>2</sup>/militar/dia para as águas cinzentas produzidas pelas lavagens (pavimentos, viaturas etc...) e banhos. O espaçamento entre estes elementos deve possibilitar a distribuição do efluente para qualquer uma das lagoas (Headquarters, Department of the Army, 2001).

Para construir uma lagoa de evaporação é necessário remover a camada superficial de solo até uma profundidade de, aproximadamente, 0,25 a 0,40 m, arrastando o excedente desta operação para a periferia formando um pequeno dique envolvente. Para finalizar a construção deste método devem construir-se umas saliências com cerca de 0,15 m, na direção transversal ou longitudinal, que facilite o processo de distribuição (Headquarters, Department of the Army, 2013).

A localização destes elementos condiciona a sua eficiência, pelo que devem localizar-se em espaços com boa incidência solar. Este dispositivo deve estar posicionado a favor do vento para evitar possíveis odores no aquartelamento (Headquarters, Department of the Army, 2002). Com uma correta manutenção, estas lagoas permitem a tratamento de quantidades significativas de águas cinzentas, sem problemas de atração de insetos e apenas com um ligeiro odor. Tal como nos métodos anteriores, é recomendado que as águas cinzentas produzidas nas cozinhas passem primeiro por uma caixa de retenção (Headquarters, Department of the Army, 2013).

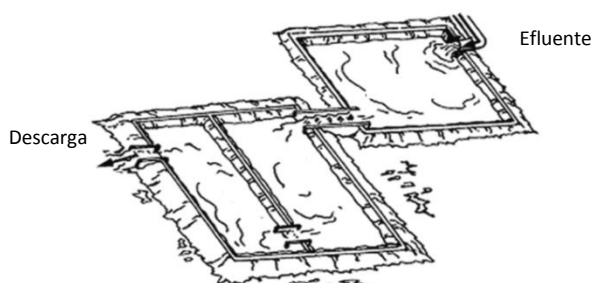
Segundo a doutrina do exército norte-americano, enunciada por Headquarters, Department of the Army (2013), a determinação da área necessária para tratamento do efluente produzido pelo aquartelamento é calculada através dos seguintes passos:

- Realização de um teste de percolação em 3 ou 4 locais onde será implementado o método;
- Cálculo da área necessária: valor resultante do quociente entre a produção total de águas cinzentas diário (l/dia) e a taxa de tratamento diária correspondente a este método (ver Tabela 4.6.4, que tem em conta os efeitos da precipitação, repouso da lagoa, recuperação e manutenção da lagoa de evaporação);
- Construção do número de lagoas necessário para perfazer a área calculada no passo anterior.

**Tabela 4.6.4 – Relação entre o resultado do teste de percolação e a taxa de infiltração aplicável a lagoas de evaporação, (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Taxa de infiltração (l/dia/m <sup>2</sup> )
1	53,98
2	43,79
5	32,56
10	23,39
30	11,23
60	8,14
>60	Não Aplicável

Ao longo do dia, o leito vai sendo ocupado com águas cinzentas até uma altura, de aproximadamente, 0,08 m (Headquarters, Department of the Army, 2013). A configuração deste elemento pode ainda recorrer a três células, conforme representado na Figura 4.6.5, quando confinados pela área de terreno disponível.



**Figura 4.6.5 – Configuração de um campo de evaporação (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013).**



### Vantagens

- Fácil construção
- Reduzida manutenção
- Elevada eficiência (clima quente e seco)

### Desvantagens

- Necessidade de uma grande área
- Depende em grande parte do clima
- Necessidade de meios de terraplanagem
- Necessidade de pré-tratamento

As lagoas de evaporação, descritas pelas referências militares, são semelhantes às plataformas de evapotranspiração aplicadas, geralmente, como órgão complementar de uma fossa séptica, com a exceção que estas não dispõem de uma base impermeável e espécies vegetais responsáveis pela evapotranspiração que, no caso das plataformas, permitem aumentar a eficiência do processo de tratamento, como será abordado no subcapítulo 4.6.3.

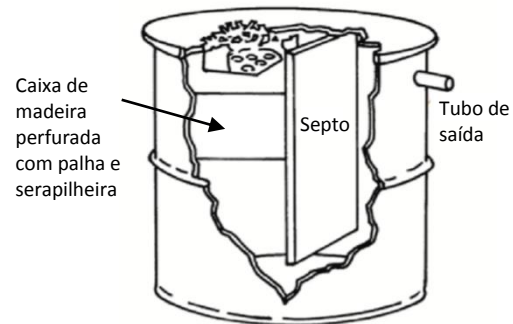
### D. Caixas de retenção

Este tipo de elementos surge como complemento dos métodos anteriores, e destina-se a receber efluentes provenientes de cozinhas de campanha. Este elemento realiza a separação das partículas de comida, óleos de cozinha, gorduras, detergentes e outros produtos de limpeza, que podem obstruir a porosidade do solo, dificultando a absorção do efluente ou tornando o processo de evaporação mais lento.

Esta separação pode ser realizada de forma expedita, através de uma caixa de retenção, sendo apresentados dois exemplos distintos nas Figura 4.6.6 e Figura 4.6.7. Para um correto funcionamento deve ser prevista a limpeza periódica destas caixas e, de seguida, o tratamento dos resíduos resultantes conforme o estabelecido pelas orientações do teatro de operações (Headquarters, Department of the Army, 2013).



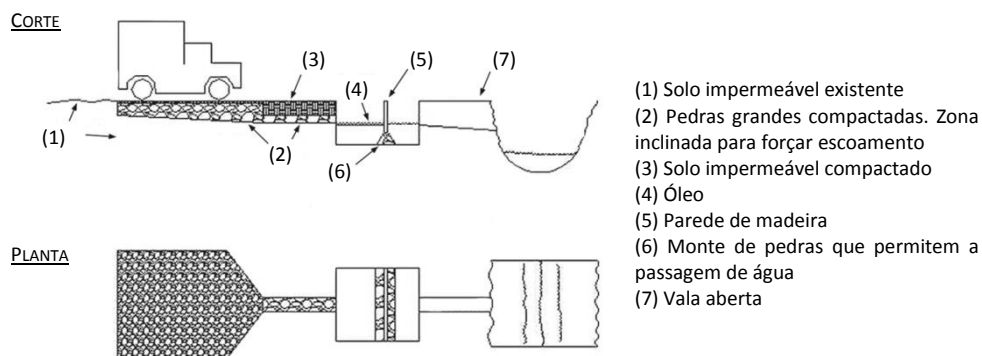
**Figura 4.6.6 – Representação de uma caixa de retenção de gorduras expedita através de camadas de areia e brita (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**



**Figura 4.6.7 – Representação de uma caixa de retenção de gorduras expedita através de um defletor de madeira (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

É importante referir que a implantação de um local de lavagem de viaturas deve ter em conta a separação dos óleos das viaturas da restante água residual (ver Figura 4.6.8). Estes elementos não são métodos de eliminação de óleos, mas sim filtros e, como tal, deve ser assegurada uma manutenção periódica para limpeza dos mesmos (Headquarters, Department of the Army, 2013). A coordenação destes espaços deve envolver o

oficial responsável pela proteção ambiental (Headquarters, Department of the Army, 2001), devendo evoluir para um carácter mais permanente e sustentável de acordo com a evolução do aquartelamento.



**Figura 4.6.8 – Representação de um local de lavagem de viaturas (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

A opção por poços/trincheiras de infiltração ou lagoas de evaporação poderá ser impossibilitada em locais com clima ártico ou em terrenos cujo nível freático seja elevado. Estas situações requerem soluções alternativas como leitos de macrófitas ou bacias de retenção, o que implica a necessidade de recorrer a construções mais complexas. Caso nenhuma destas soluções seja viável, as águas cinzentas deverão ser armazenadas em reservatórios, sendo posteriormente feita a sua transferência para uma ETAR do sistema público ou de um aquartelamento militar localizado na nação hospedeira (Headquarters Department of the Army, 2001).

As soluções devem ser viabilizadas de acordo com os parâmetros acima mencionados e continuamente melhoradas sempre que as informações e meios de construção estejam disponíveis ou a situação tática assim o permitir. A decisão não deverá ser selecionada apenas no atual espaço temporal, deve, em simultâneo, realizar-se um plano futuro de melhoria da eficiência do sistema através de métodos mais eficazes e sustentáveis. Depois de identificada a solução mais adequada ao teatro de operações e previsto um plano de evolução, esta deve ser aprovada pelo comandante e difundida pelo ser estado-maior (Headquarters, Department of the Army, 2013).

#### **4.6.2. Métodos expeditos para coleta de águas negras em campanha**

A coleta de águas negras em campanha, segundo Headquarters, Department of the Army (2013), deve ser realizada através de latrinas e urinóis, ou sistemas semelhantes, sendo a eliminação do esgoto através do aterro em valas ou poços, ou mesmo a queima do mesmo. Na possibilidade de ser feita a drenagem das águas negras, aplicam-se latrinas fixas ou latrinas portáteis que possam ser associadas a instalações fixas, de onde se encaminhará o efluente diretamente para um órgão de tratamento ou de armazenamento, sendo posteriormente feito o transporte para um local de tratamento.

Quando as infraestruturas existentes no teatro de operações não podem ser utilizadas, ou quando não é viável a realização de uma rede de drenagem, são construídos métodos expeditos para deposição do esgoto. Na instalação de um aquartelamento base é aconselhado o uso de latrinas químicas (vulgarmente referenciados como Porta-Johns), provenientes geralmente de contratos entre o exército e as empresas da nação hospedeira (Headquarters, Department of the Army, 2013 e 2002).

A construção de latrinas deve atender sobretudo a considerações de localização, com vista a não contaminar fontes de água potável e de alimentação, evitando impactos na saúde dos militares e, por consequência, no sucesso da operação. Para assegurar que não há possibilidade de contaminação, as latrinas devem estar localizadas a pelo menos 100 m de qualquer serviço de alimentação, a pelo menos 30 m de qualquer fonte de água e a uma distância de 0,90 a 1,20 m acima do nível freático (National Defence, 2005).

A utilização de um simples buraco para eliminação do escreta consiste no método mais fácil e rápido, sendo geralmente utilizado pelos militares em movimento no teatro de operações ou numa situação estacionária até 3 dias, enquanto não são construídos ou aplicados outros métodos mais eficientes (Headquarters, Department of the Army, 2013).

#### A. Latrinas químicas

As latrinas químicas ou Porta-Johns (ver Figura 4.6.9) são cabines independentes que exigem um esforço de construção muito reduzido, embora requeiram, geralmente, serviços externos, adquiridos por contrato, para remoção dos resíduos para um aterro sanitário. Estes tipo de instalações, além da reduzida logística que exigem, podem ser implementados em qualquer local dentro do aquartelamento (SERDP, 2010).



Figura 4.6.9 – Latrina química ou Porta-Johns (fonte: Dumpsters of Ann Arbor, s.d.).

Segundo U.S Army Corps of Engineers (2009), a maioria dos aquartelamentos utiliza, inicialmente, este tipo de latrinas. No entanto, estes dispositivos têm uma capacidade limitada, poderão ser desagradáveis em climas quentes, devido ao odor e insetos, e são instáveis quando sujeitos a ventos fortes (Ministry of Defence, 2008).

O princípio de funcionamento destes elementos relaciona-se com os aditivos químicos presentes no reservatório de retenção, que inibem o odor e aceleram a decomposição dos resíduos. A frequência de limpeza é determinada pela intensidade na utilização do dispositivo (Headquarters, Department of the Army, 2002). A verificação da correta eliminação dos resíduos deve ser uma preocupação da unidade militar, de forma a minimizar o impacto ambiental na nação hospedeira e a manter a máxima prontidão possível para a operação (Bowling et al., 2008).

No caso de não ser viável a utilização deste tipo de latrinas, devem recorrer-se à utilização de métodos expeditos: latrinas *straddle trench*, latrinas profundas, latrinas com recurso a poço, latrinas de aterro, locais de deposição de urina e latrinas de queima. Este último método deve ser utilizado apenas se o processo de escavação for impossível pelas condições do solo ou caso o nível freático seja elevado (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada portabilidade</li> <li>• Podem localizar-se em qualquer sítio</li> <li>• Adequado para terrenos rochosos e com nível freático elevado</li> <li>• Adequada quando existem restrições locais quanto à utilização de outro tipo de latrinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerem serviços externos</li> <li>• Limitada capacidade de armazenamento</li> <li>• Desagradável em climas quentes (odor e insetos)</li> <li>• Instabilidade face ao vento</li> </ul>

### B. Latrina straddle trench

A latrina *straddle trench* é geralmente utilizada durante os três primeiros dias de campanha. É constituída por um conjunto de trincheiras, cada uma com, aproximadamente, 0,30 m de largura, 0,80 m de profundidade e 1,20 m de comprimento, dimensionada para cada dois militares (ver Figura 4.6.10). Em solos arenosos a construção das trincheiras pode ser dificultada devido à instabilidade do solo.

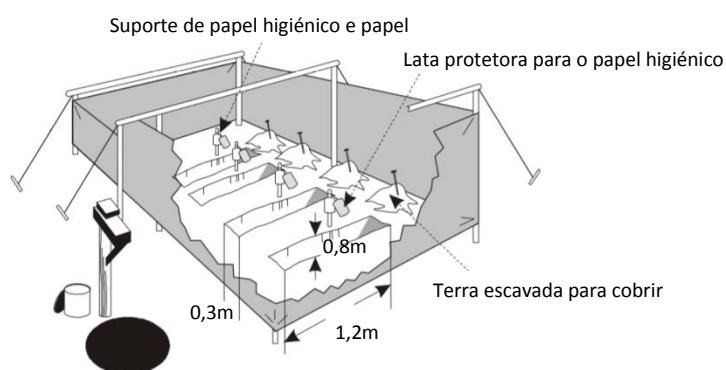


Figura 4.6.10 – Ilustração de uma latrina *straddle trench* (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).

As trincheiras devem ser construídas em paralelo com um espaçamento de 0,60 metros e cada trincheira deve possuir um monte de terra (proveniente da escavação da trincheira) para que os militares possam tapar o escreta após a utilização da trincheira. Este tipo de latrina deve ser utilizada apenas como último recurso por questões de privacidade e pelo perigo de contaminação do lençol freático. No caso de ser necessária a sua utilização, deve assegurar-se uma distância de 100 m de qualquer fonte de água ou de qualquer cozinha (National Defence, 2005).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil construção em solos com alguma consistência</li> <li>• Reduzido custo de construção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perigo de contaminação das águas subterrâneas</li> <li>• Incompatível com nível freático elevado</li> <li>• Não adequada a solos rochosos/ arenosos</li> <li>• Desconfortável pela falta de privacidade</li> </ul>

### C. Latrina profunda

A latrina profunda (referenciada como *deep pit latrine*) tem geralmente um modelo *standard* com 4 assentos, sendo que as dimensões de cada latrina são de, aproximadamente, 2,40 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,50 m de altura. É construída pela unidade militar, em madeira, conforme apresentado na Figura 4.6.11 (Headquarters, Department of the Army, 2013).

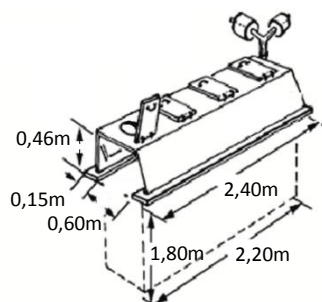


Figura 4.6.11 – Representação de uma latrina profunda (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).

Para construção destes elementos é necessário efetuar uma escavação de 0,60 m de largura e 2,30 m de comprimento, o que inclui aproximadamente 0,10 m de cada lado para suportar a caixa *standard*, de forma a que esta não caia na trincheira. A profundidade da trincheira depende do período de vida útil, estimando-se que 0,30 m corresponda a 1 semana de deposição, ao qual se deve adicionar 0,30 m de terra quando a latrina for fechada (Headquarters, Department of the Army, 2001).

Um substrato rochoso ou um solo com um nível freático elevado pode limitar a profundidade da trincheira, embora geralmente se adote uma profundidade inferior a 1,8 m para evitar a construção de paredes de contenção de terras o que, em solos de pouca resistência, pode ser inevitavelmente necessário. A superfície da caixa em contacto com o solo deve ser bem compactada com terra, de forma a não deixar nenhum espaço livre que permita a entrada/ reprodução de insetos e para que a libertação de odores seja minimizada (Headquarters Department of the Army, 2002).

#### Vantagens

- Fácil construção em solos com alguma consistência
- Reduzido custo de construção

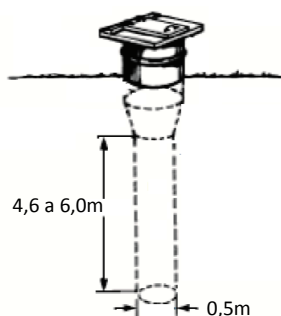
#### Desvantagens

- Perigo de contaminação das águas subterrâneas
- Incompatível com nível freático elevado
- Não adequada a solos rochosos/arenosos
- Desconfortável pela falta de privacidade

### D. Latrina com recurso a poço

Também é possível construir um poço para deposição do escreta, com aproximadamente 0,50 m de diâmetro e 4,60 a 6,00 m de profundidade. A escavação do poço deve ser efetuada com o trado de maior diâmetro disponível. No topo do poço deve ser colocada a caixa da latrina assente num cilindro de metal, que será

introduzido no poço, conforme se representa na Figura 4.6.12. O período de vida útil desta latrina depende do número de utilizações. A tampa do assento serve para impedir a reprodução de insetos no local (Headquarters, Department of the Army, 2013).



**Figura 4.6.12 – Representação de latrina com recurso a poço (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil construção em solos com alguma consistência</li> <li>Reduzido custo de construção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perigo de contaminação das águas subterrâneas</li> <li>Incompatível com nível freático elevado</li> </ul>

Os tipos de latrinas abordados de seguida adequam-se a terrenos com nível freático elevado ou solos rochosos, características que inviabilizam a aplicação das latrinas anteriores.

#### E. Latrinas de queima

As latrinas de queima (referenciadas como *burn out latrines*), ilustradas na Figura 4.6.13, são geralmente utilizadas em condições de solo duro, rochoso ou congelado, que tornam difícil o processo de escavação. A sua aplicação é ainda indicada em zonas com clima tropical ou noutros locais onde o nível freático é elevado (Headquarters, Department of the Army, 2013).



**Figura 4.6.13 – Modelo de uma latrina de queima fechada (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

Este método apresenta uma elevada portabilidade, fácil construção e manutenção, e pode ser aplicado em qualquer local, características muito apreciadas em contexto militar, onde os fatores tempo e apoio disponíveis têm de ser, muitas vezes, alocados na componente operacional (National Defence, 2005).

A conceção e construção destes elementos é influenciado pela disponibilidade de materiais de construção, pelo apoio disponível da unidade militar e pelo tempo de permanência no teatro de operações, como já referido. Para construir uma latrina de queima básica basta enterrar um barril de 200 litros até a uma altura confortável (Headquarters, Department of the Army, 2013). O barril também pode ser cortado em duas metades, dando origem a duas latrinas com menor capacidade. A utilização média pode ser estimada a 14 pessoas por cada metade de barril, sendo consumidos cerca de 0,5 l/militar/dia de combustível (National Defence, 2005).

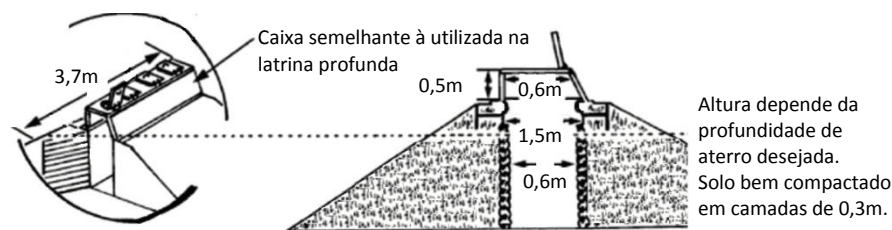
À semelhança das latrinas anteriormente referidas, esta também deve possuir uma tampa para o assento. A aplicação de dois conjuntos de latrinas de queima é vantajosa, pelo que é possível fazer a queima dos resíduos de um destes elementos enquanto o outro continua a ser utilizado. A queima da matéria fecal deve ser feita diariamente e com um combustível não muito volátil, devido ao risco de explosão. Como medida de segurança, o local de queima deve ser localizado a jusante do aquartelamento base, relativamente à direção do vento (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Apesar de, a nível operacional, este método expedito apresentar grandes vantagens, não contribui significativamente para a qualidade de vida dos militares, afetando a sua moral em campanha. Sob ponto de vista ambiental também contribui para a poluição do ar, podendo afetar a relação militar-população, o que é desvantajoso para a situação operacional (Headquarters, Department of the Army, 2001). Apresenta também desvantagens a nível económico, pelo próprio uso de combustível e pelo desperdício do mesmo resultante deste processo (SERDP, 2010). Para minimizar a quantidade de combustível consumido deve ser efetuada a separação da matéria fecal da urina, visto que a presença de líquidos aumenta o consumo de combustível necessário para incinerar os resíduos sólidos. A separação da matéria fecal da urina obriga à construção de um dispositivo de coleta da urina (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portabilidade</li> <li>• Não depende das condições do solo</li> <li>• Fácil construção</li> <li>• Reduzido custo de construção e manutenção</li> <li>• Construção com materiais locais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poluição do ar</li> <li>• Impacto económico</li> <li>• Pode afetar a relação com a população local</li> <li>• Exige a construção de um dispositivo para recolha da urina</li> </ul>

#### F. Latrina de Aterro

Uma alternativa ao método anterior é a construção de uma latrina num aterro (referenciada como *mound latrine*), igualmente utilizada em locais com um elevado nível freático ou com um solo duro ou rochoso. Este tipo de latrina assenta na construção de um poço profundo, sem que seja necessário qualquer tipo de escavação (Headquarters, Department of the Army, 2013). Cada elemento deve ser constituído por 4 latrinas, inseridas numa caixa de madeira, semelhante à utilizada na latrina profunda, conforme representado na Figura 4.6.14.



**Figura 4.6.14 – Ilustração de uma latrina de aterro composta por uma caixa com 4 assentos (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

O aterro deve ter uma altura aproximada de 1,8 m e um comprimento com cerca de 3,6 m, e deve ser compactado em várias camadas até acomodar a altura da caixa das latrinas. A dimensão da base do aterro depende do tipo de solo utilizado, podendo ser alargada caso o solo tenha pouca resistência, podendo mesmo ser necessário proceder à colocação de sacos de areia ou contenções de madeira para evitar a instabilização do solo. O assento deste tipo de latrina também deve conter uma tampa, à semelhança do método anteriormente referido (Department of the Army 2001).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil construção</li> <li>• Reduzido custo de construção e manutenção</li> <li>• Não é afetado pelo nível freático</li> <li>• Pode ser construído sob um solo rochoso</li> <li>• Não contamina o lençol freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário equipamento de movimentação de terras</li> <li>• Necessários meios para a contenção de terras caso o solo seja pouco resistente</li> <li>• Falta de privacidade</li> </ul>

Após a utilização das latrinas expeditas, nomeadamente as que envolvem processos de escavação como trincheiras e poços, devem realizar-se os seguintes procedimentos:

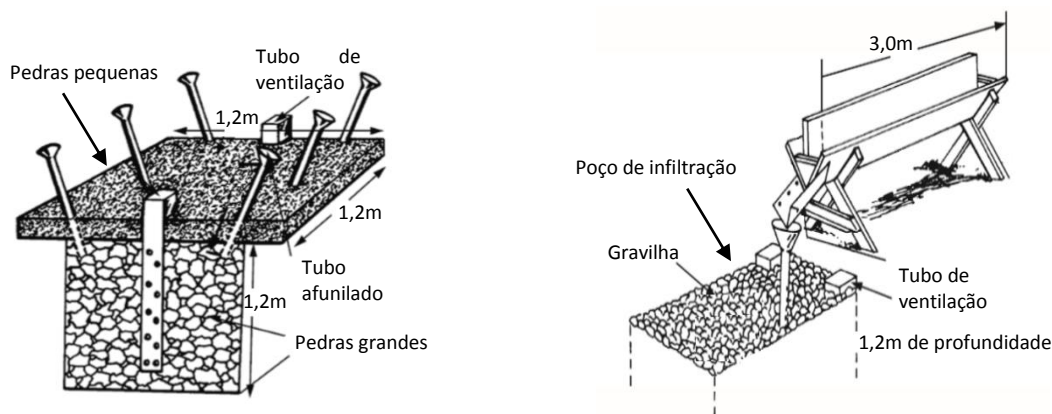
- Encher os poços/trincheiras com terra até à superfície, com camadas e compactando-as.
- Colocar uma camada superficial de terra com 30 cm.
- Colocar um sinal informativo do tipo de latrina, data de encerramento e unidade a que pertence (Headquarters, Department of the Army, 2013; National Defence, 2005 e Headquarters, Department of the Army, 2001).

#### **G. Coletores de urina**

Para salvaguardar a higiene dos assentos deve, sempre que possível, proceder-se à separação da urina das fezes através da construção de urinóis expeditos nas latrinas do sexo masculino, prevendo-se um sistema coletor de urina por cada 100 homens (Headquarters Department of the Army, 2013). Estes dispositivos, complementares das latrinas, são geralmente constituídos pelo elemento que recolhe a urina e um poço de



infiltração que garante a sua eliminação através da percolação no solo, conforme representado na Figura 4.6.15, e que admite as mesmas dimensões que o mesmo aplicado no tratamento de águas cinzentas.



**Figura 4.6.15 – Representação de dispositivos coletores de urina combinados com um poço de infiltração, (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

A principal preocupação nos primeiros 3 dias de instalação da força militar no terreno será, fundamentalmente, a eliminação das águas negras. As águas cinzentas e os resíduos médicos serão minimizados, dependendo do nível de intensidade da missão (Headquarters, Department of the Army, 2001).

#### **4.6.3. Tratamento das águas residuais provenientes de uma rede de drenagem separativa doméstica em campanha**

Quando um aquartelamento possui capacidades que permitam um longo tempo de permanência pode ser construída uma rede de drenagem de águas residuais em vez de serem utilizados métodos expeditos. Se não for possível ligar a rede de drenagem a uma instalação de tratamento de águas residuais existente, pelas razões abordadas no subcapítulo anterior, deverá ser desenvolvido um método para tratamento das águas residuais.

Segundo Headquarters Department of the Army (2013), os dois métodos mais utilizados no tratamento de águas residuais são os sistemas de lagunagem ou o sistema de fossa séptica em combinação com um órgão de tratamento complementar a jusante, apesar de se considerar que o último sistema de tratamento é o mais recomendado em campanha.

##### **A. Lagunagem**

O sistema de lagunagem é um método de tratamento de águas residuais em que a depuração é realizada de forma anaeróbia ou aeróbia (SERDP, 2010). As lagoas de estabilização são elementos construídos artificialmente para efetuar o tratamento de resíduos líquidos de natureza orgânica, sendo que o tratamento é realizado através de processos naturais (físicos, biológicos e bioquímicos) denominados por autodepuração ou estabilização. Dependendo do processo de tratamento natural, as lagoas podem ser classificadas em:

- **Anaeróbias** – operam com grandes cargas orgânicas de tal modo que predominam os processos de fermentação anaeróbica, não existindo oxigénio dissolvido abaixo da superfície. Como este método

apresenta uma baixa eficiência na remoção de  $\text{CBO}_5$ <sup>33</sup>, deve ser complementado com outro tipo de lagoa, como método de tratamento.

- **Aeróbia** – a  $\text{CBO}_5$  é estabilizada aerobiamente, sendo o oxigénio fornecido pelas algas e pela ação do vento sobre o espelho de água da lagoa. Este tipo de lagoa deve apresentar uma profundidade que permita a entrada de luz solar.
- **Facultativas** – ocorrem, em simultâneo, processos de fermentação anaeróbia, oxidação e redução fotossintética de algas. No fundo da lagoa existe uma zona aeróbia sobreposta sobre uma zona anaeróbia que vai até à superfície.
- **Arejada** – lagoa em que é introduzido oxigénio no meio líquido por intermédio de um sistema mecanizado, este tipo de lagoa pode funcionar como lagoa aeróbia ou facultativa.
- **Lagoas de maturação** – são projetadas para tratamento terciário, essencialmente para a remoção de compostos que contêm nitrogénio, fósforo e coliformes, o que permite servir como tratamento complementar de efluentes de sistemas de tratamento por filtro biológico, lamas ativadas e lagoa facultativa (Jr. Arlindo et al., 2005).

Os sistemas de tratamento por lagoas de estabilização apresentam algumas vantagens, tais como, o custo de manutenção e operação inferiores a outros métodos de tratamento, à exceção das lagoas arejadas pela necessidade de energia, para o funcionamento dos equipamentos que fornecem o oxigénio. A principal desvantagem deve-se sobretudo à grande necessidade de espaço para implementação de uma lagoa, podendo também surgir problemas de odor e o aparecimento de insetos quando o sistema não está a ser operado adequadamente (Jr. Arlindo et al., 2005).

Segundo Bowling Curtis et al. (2008), o tipo de lagoas mais utilizado em contexto militar são as lagoas facultativas, construídas a partir do momento em que o aquartelamento se considera temporário, ou seja, após 6 meses de tempo de permanência no teatro de operações.

Estas lagoas têm geralmente pouca profundidade e proporcionam a retenção de águas residuais durante 20 a 120 dias (National Defence, 2005). No entanto, requerem uma área significativa e um tipo de solo adequado para não contaminar as águas subterrâneas, além de que o sistema de drenagem deve ter uma inclinação de 1 a 2,5 % de forma a permitir a afluência de águas residuais por gravidade.

O grau de estabilização produzido numa lagoa é, significativamente, influenciado pelas condições climáticas, sendo que quando o clima é quente e seco, a decomposição é rápida, resultando na estabilização completa dos produtos orgânicos (National Defence, 2005). A eficiência de remoção de  $\text{CBO}_5$  do sistema de lagunagem é de, aproximadamente, 80 a 93% (Jr. Alindo, 2005). Quando se trata de um clima ártico, além da grande perda de eficiência, pode mesmo ser impossível haver evaporação ou verificar-se o congelamento do efluente, o que inviabiliza a sua aplicação em locais com este tipo de clima (Headquarters, Department of the Army, 2013).

A eficiência de uma lagoa depende não só do clima, mas também do número militares que o sistema serve e da duração da missão. O tempo de utilização depende das dimensões da lagoa, do número de militares, tipo de

---

<sup>33</sup>  $\text{CBO}_5$  – carência bioquímica de oxigénio – representa o teor de matéria orgânica biodegradável e pode ser determinada através de um ensaio que permite estimar a oxidação bioquímica das águas residuais. No ensaio é determinado o consumo de oxigénio pela oxidação dos compostos biodegradáveis durante 5 dias, à temperatura de 20°C, com condições de obscuridade (Bartolomeu, 1996).

solo, nível freático e da infraestrutura existente (Headquarters, Department of the Army, 2013; U.S Army Corps of Engineers, 2009). Uma grande extensão das instalações poderá fazer com que sejam necessárias estações elevatórias, o que acarreta encargos energéticos e capacidades de construção adicionais (U.S Army Corps of Engineers, 2009).

As lagoas devem localizar-se a favor do vento, longe de fontes de água e a pelo menos 400 m de uma população. Para reduzir o perigo de contaminação das águas subterrâneas, as lagoas devem ser construídas sobre uma camada de solo impermeável (com um coeficiente de infiltração baixo), obtido através da compactação do solo ou de uma camada de argila, conforme indicado na Tabela 4.6.5.

**Tabela 4.6.5 – Correspondência entre o tempo aproximado de absorção, o tipo de solo e a taxa de infiltração (adaptada de Headquarters Department of the Army, 2013 e FUNASA, 2006).**

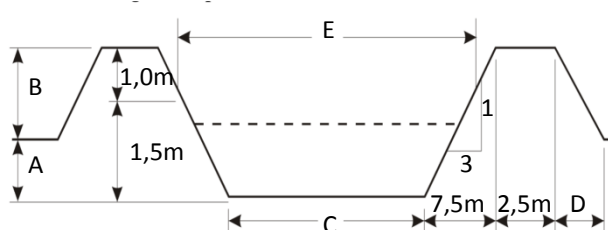
Tempo de infiltração para um abaixamento de 2,5cm (min)	Absorção relativa	Tipo de solo	Taxa de infiltração (L/m²/dia)
0-3 minutos	Rápida	Areia bem selecionada e limpa, variando com areia grossa com cascalho	>90
3-5 minutos	Média	Areia fina, silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte	60 a 90
5-30 minutos	Baixa	Argila arenosa e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarelada ou avermelhada ou acastanhada	40 a 60
30-60 minutos	Semi-impermeável	Argila de cor amarelada, avermelhada ou acastanhada, medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e/ou arenosa	20 a 40
>60 minutos	Impermeável	Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando a rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada	<20

O volume de efluente que chega ao sistema de lagunagem depende da quantidade de instalações produtoras de águas residuais existentes no aquartelamento e do número de militares que as utilizam. Segundo Headquarters, Department of the Army 2013, para aquartelamentos com serviço de banhos, latrinas, lavandaria e locais de lavagem de viaturas poderá adotar-se como estimativa inicial, aproximadamente, 380 l/dia. Contudo, deverá adotar-se um coeficiente de segurança de 10 a 50% para fazer face a interrupções de livre funcionamento ou incremento do número de militares, e deve ser considerado um tempo de retenção de 25 dias. Estas estimativas permitem determinar o volume da lagoa, identificar as necessidades de movimentos de terras, os equipamentos necessários para a construção da lagoa e o tempo de atividade que estes desempenham.

O volume da lagoa deve ainda ter em conta, possíveis entadas de efluente através de camiões cisterna, provenientes de outros serviços ou aquartelamentos (Headquarters, Department of the Army, 2013). Segundo a doutrina do exército do Canadá, o volume da lagoa pode ser estimado com recurso à Tabela 4.6.6, que relaciona as dimensões da lagoa com o número de militares que esta serve (National Defence, 2005). Após a recolha da informação anterior é possível verificar as restantes dimensões da lagoa (ver Figura 4.6.16 e Tabela 4.6.7).

**Tabela 4.6.6 – Estimativa da dimensão da lagoa de estabilização com base no número de militares do aquartelamento (adaptada de National Defence, 2005).**

Número de militares do aquartelamento	Número de lagoas	Tamanho da lagoa (mxm)
750	1	33x33
1500	2	33x33
2250	3	33x33
3000	1	60x60
	1	45x45
3750	1	60x60
	1	45x45
4500	1	60x60
	1	45x45
5250	1	60x60
	1	45x45
6000	2	60x60



**Figura 4.6.16 – Representação do corte transversal de uma lagoa de estabilização (adaptada de National Defence, 2005).**

**Tabela 4.6.7 – Dimensões referentes ao corte transversal da Figura 4.6.16 (adaptada de National Defence, 2005).**

Dimensão da Lagoa (mxm)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)
33x33	1,4	1,1	24,0	3,2	33,0
45x45	1,2	1,3	35,0	3,9	45,0
60x60	1,0	1,5	52,0	4,5	60,0

Uma área composta por um filtro de areia ou um leito de macrófitas pode ser incorporada na extremidade do sistema de lagunagem para proporcionar o tratamento terciário do efluente (desinfecção, sobretudo), para que este possa ser aproveitado para atividades agrícolas locais, reciclado ou descarregado no meio recetor.

O sistema de lagunagem, contrariamente, por exemplo, a uma ETAR portátil, possui uma tecnologia adequada para, no final da missão, poder ser entregue facilmente à nação hospedeira devido ao facto de não ser necessário qualquer manutenção qualificada ou operadores especializados. Para operação e manutenção de uma lagoa de estabilização são aconselhadas as seguintes práticas:

- Evitar o desenvolvimento de vegetação sobre os diques.
- Remover as plantas da lagoa.
- Remover os sólidos à entrada e à saída.
- Reparar os problemas nos diques (Ramôa, 2010).

A entrega do aquartelamento, após a sua utilização, também é uma preocupação que deve ser avaliada no planeamento, sendo que este é geralmente entregue a unidades militares locais ou, no caso de determinados serviços permanentes (como o caso de elementos de tratamento de águas residuais), entregues ao órgão autárquico local. Assim, torna-se de extrema importância que o seu funcionamento seja simples, de fácil manutenção, que não necessite de mão-de-obra especializada ou de grandes quantidades de equipamento. Um

sistema com tecnologia sofisticada pode ser mais eficiente, todavia tem uma maior probabilidade de falha sem mão-de-obra especializada. O sistema de lagunagem é por isso um dos sistemas de tratamento mais adequados para entrega aos órgãos locais (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tecnologia simples</li><li>• Reduzida manutenção</li><li>• Pode ser aplicada em solos impermeáveis</li><li>• Elevada eficiência de tratamento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grande necessidade de espaço</li><li>• Necessidade de equipamento pesado na construção</li><li>• Grau de estabilização variável com o clima</li><li>• Possíveis problemas de odor</li><li>• Meio de proliferação de insetos que poderão transmitir doenças</li></ul>

## B. Fossa séptica

O sistema de fossa séptica com um órgão de tratamento complementar a jusante da mesma é uma alternativa ao sistema de lagunagem e, segundo Headquarters Department of the Army (2013), é o método mais adequado em contexto operacional.

A fossa séptica consiste num tanque estanque enterrado, no qual os sólidos mais densos ficam depositados no fundo, em condições anaeróbias, o que favorece o crescimento de microrganismos responsáveis pelo processo de depuração anaeróbia dos resíduos sólidos, dando origem a lamas. Em simultâneo, ocorre a flotação das partículas sólidas menos densas, dando origem a escumas na superfície. O processo biológico exercido sobre as lamas irá permitir a transformação da matéria orgânica em matéria mineral, com libertação de gases, o que representa uma redução do volume das lamas (Jr. Arlindo et al., 2005; FUNASA 2006, Bartolomeu, 1996).

Os materiais mais utilizados na construção de uma fossa séptica são o betão, fibras de vidro pré-moldado, policloreto de vinilo (PVC) ou plástico, que permitem manter a estanqueidade do tanque, evitando a contaminação das águas subterrâneas e impedindo a redução da altura da água na fossa séptica (National Defence, 2005; Ramôa, 2010).

A compartimentação da fossa permite aumentar ligeiramente a eficiência da fossa séptica na remoção de CBO<sub>5</sub>. No caso da fossa séptica ser constituída por uma única câmara, este valor é de aproximadamente 30 a 50%, com o aumento do número de câmaras e se estas forem dispostas em série, a eficiência pode aumentar para valores entre 35 a 65% (Jr. Arlindo et al., 2005).

A fossa séptica é projetada para receber águas cinzentas e negras, e como tal, é recomendada a instalação de uma câmara de retenção de gorduras na canalização que conduz o efluente das cozinhas para a fossa séptica (FUNASA, 2006).

Segundo Moraes (1977) e Bartolomeu (1996), o dimensionamento da fossa séptica, ou a determinação do seu volume útil, é efetuada pela soma de três parcelas, tal como apresentado na equação(3), sendo que a primeira

parcela é referente ao volume ocupado pelas águas residuais, a segunda ao volume de lamas digeridas e a terceira ao volume ocupado pelas lamas em digestão.

$$V = P(Cap \times f \times tr) + P(Cld \times (te - td)) + P\left(\frac{Clf + Cld}{2} \times td\right) \quad (3)$$

em que: V – volume útil (l)

Pop – população (habitantes ou, em contexto militar, o número de militares).

Cap – capitação de águas residuais (l/militar.dia).

f – fator de afluência à rede de drenagem, é recomendado pelos autores acima referidos cerca de 80%.

Clf – capitação de lamas frescas (l/militar.dia), é recomendado para este parâmetro o valor de 0,45 (l/militar.dia).

Cld – capitação de lamas digeridas (l/militar.dia), é recomendado para este parâmetro o valor de 0,11 l/militar.dia.

tr – tempo de retenção (dias), o tanque da fossa é dimensionado para um tempo de retenção de 2 a 3 dias, adotando-se estes valores para uma população de 60 e 500 militares, respetivamente.

te – tempo entre limpezas (dias), o valor recomendado em Portugal é, geralmente, 720 dias (Moraes, 1977; Bartolomeu, 1996; Pedroso, 2008), mas devido à duração mínima de uma operação militar internacional ser geralmente 6 meses (180 dias), poderá adotar-se como valor mínimo 180 dias, visto ser este também o limite mínimo da regulamentação portuguesa (Pedroso, 2008).

td – tempo de digestão das lamas, geralmente considerado de 60 dias.

Segundo Monteiro e Bartolomeu (1998), a parcela referente ao volume ocupado pelas águas residuais é a mais significativa, sendo da ordem dos 75% do volume total da fossa, a segunda e terceira ocupam os restantes 25%. Segundo FUNASA (2006) e Ramôa (2010), para que o funcionamento da fossa seja sempre assegurado e para que este não afete o meio envolvente ou ponha em risco a saúde dos operadores, deve ter-se em conta um conjunto de práticas recomendadas para a operação e manutenção:

- Deve ser verificada a estanqueidade da fossa séptica antes da sua utilização, para tal, a fossa deve ser cheia com água para deteção de possíveis fugas.
- Deve ser garantido, durante o funcionamento, um nível de água adequado.
- Deve ser inspecionada a espessura de lamas e escumas.
- Para limpeza da fossa séptica deve optar-se pelos dias e horas em que esta não recebe afluente.
- Na inspeção ou limpeza da fossa deve ser mantida aberta a tampa de acesso, de modo a garantir a sua ventilação. Durante este período não deve ser acionado qualquer sistema de ignição, visto que o gás acumulado no interior do tanque pode ser explosivo.
- A remoção das lamas deve ser rápida e sem contacto com o operador, para isso é recomendado o uso de mangueiras com sucção por bombas.
- Se as lamas da fossa ficarem endurecidas, deve ser adicionada água e agitadas as lamas com um agitador apropriado.
- Deve ser deixado, no fundo da fossa séptica, cerca de 10% das lamas, para facilitar a reiniciação do processo de depuração após a limpeza.
- Após a manutenção, deve ser efetuada a higienização do local e dos equipamentos utilizados.

À semelhança dos métodos anteriores, apresentam-se no quadro seguinte as vantagens e desvantagens de adotar a fossa séptica como órgão de tratamento.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Elemento robusto</li><li>• Permite a proteção do lençol freático se garantida a estanqueidade</li><li>• Grande frequência de utilizações em contexto militar internacional</li><li>• Reduzida área de implantação</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Indicada para aquartelamentos com um efetivo máximo de 500 militares</li><li>• Necessidade de um método de tratamento complementar</li><li>• Necessidade de remoção das lamas</li><li>• Custos de construção e operação elevados</li></ul>

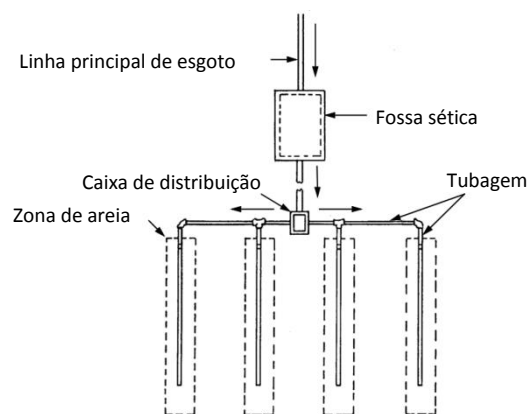
A fossa séptica apresenta uma baixa eficiência na remoção de matéria orgânica, sendo que o efluente à saída da mesma contém ainda valores elevados de CBO<sub>5</sub> e de microrganismos patogénicos. Para aumentar a eficiência deste processo adotam-se órgãos de tratamento a jusante da fossa séptica, tais como, trincheiras de infiltração, trincheiras filtrantes, aterros filtrantes e plataformas de evapotranspiração (Bartolomeu, 1996), alguns destes já mencionados no subcapítulo referente aos métodos de tratamento de águas cinzentas em campanha (subcapítulo 4.6.1). No entanto, serão alvos de uma abordagem complementar, visto que recebem agora o efluente de uma rede separativa doméstica e a ligação á fossa séptica, o que representa uma maior complexidade nestes órgãos.

Segundo FUNASA (2006), a escolha do elemento a combinar com a fossa séptica deve ter em conta os seguintes fatores:

- Natureza e utilização do solo.
- Profundidade do nível freático.
- Grau de permeabilidade do solo.
- Localização da fonte de água subterrânea utilizada para o consumo humano.

### **C. Trincheiras de Infiltração**

A solução mais frequentemente recomendada pelas referências militares, para completar o tratamento do efluente proveniente da fossa séptica em campanha é um conjunto de trincheiras de infiltração a jusante da fossa (ver Figura 4.6.17), cujo dimensionamento é semelhante ao descrito no subcapítulo 4.6.1, com a exceção que a captação é superior, visto que a rede de drenagem à saída da fossa é doméstica, constituída por águas cinzentas e negras.



**Figura 4.6.17 – Fossa séptica precedida de trincheiras de infiltração (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2001).**

O efluente proveniente da fossa séptica é encaminhado para uma câmara de repartidora e de seguida é distribuído por tubagens PVC ou de polietileno de alta densidade (PEAD) perfuradas, o que permite a sua infiltração nas trincheiras. Apesar deste método não impedir a utilização do terreno, como no caso do sistema de lagunagem, o tráfego acima do local ficará sempre condicionado por precaução, de forma a não danificar as tubagens (Headquarters, Department of the Army, 2013).

Tal como foi abordado no subcapítulo 4.6.1, para o bom funcionamento das trincheiras de infiltração é indispensável garantir que o nível freático se encontra a uma distância significativa abaixo do nível das tubagens perfuradas e que a área de solo possui a capacidade de infiltrar o volume de efluente proveniente da fossa séptica. O solo deve ser permeável a, pelo menos, 50 cm da superfície, até a uma distância de vários metros abaixo do tubo perfurado (Headquarters, Department of the Army, 2001). Caso a permeabilidade do solo em profundidade o permita, pode optar-se por poços de infiltração, semelhantes aos descritos em 4.6.1.

Apresenta-se nas figuras B.2, B.3 e B.4 do Anexo B, a representação das trincheiras de infiltração, assim como todos os elementos complementares à conceção deste órgão de tratamento.

Apesar das trincheiras de infiltração serem o método mais recomendado pelas referências militares, deverão adotar-se outras soluções a jusante da fossa séptica caso, por exemplo, se identifique que o solo do teatro de operações é impermeável, impedindo assim o tratamento do efluente. Para complementar o tratamento efetuado na fossa séptica poderão adotar-se como soluções alternativas, trincheiras filtrantes, aterro filtrante ou uma plataforma de evapotranspiração (Morais, 1977).

A nível económico, as soluções que combinam a fossa séptica com métodos de infiltração são mais baratas do que as de filtração, embora as primeiras apresentem restrições geológicas que podem impedir a sua aplicação no aquartelamento. As sequências de tratamento devem ser estudadas sob ponto de vista económico, energético, de manutenção e de conservação, de forma a poder optar-se pela solução mais vantajosa (Monteiro e Bartolomeu, 1998).



#### D. Trincheira Filtrante

A trincheira filtrante é um órgão complementar à fossa séptica, geralmente utilizada em pequenos aglomerados populacionais, podendo assim ser adotada em aquartelamentos de campanha.

Segundo Morais (1977), a trincheira filtrante consiste em valas abertas no terreno, localizadas num local favorável sob ponto de vista topográfico, geológico e hidrogeológico. As trincheiras são relativamente extensas, não ultrapassando os 30 m e não devendo ser realizadas em terrenos com inclinações superiores a 15%. As valas dispõem de duas tubagens sobrepostas, na parte superior e inferior da mesma, com inclinações superiores a 0,5%, responsáveis pela distribuição do efluente e pela recolha do mesmo após ter sido filtrado (Pedroso, 2008), respetivamente, como se representa nas figuras B.5, B.6 e B.7, do Anexo B.

O tratamento complementar que este elemento confere deve-se à filtração das partículas ainda existentes no efluente, embora também ocorra tratamento biológico, mas assume pouca relevância. O processo de filtração realiza-se na passagem do efluente pela camada de areia de granulometria adequada, após ter sido distribuído pela tubagem superior da trincheira. Finalmente, o efluente é recolhido pela tubagem inferior, que tal como o elemento superior, contém juntas abertas (Morais, 1977).

Para permitir a distribuição de efluente na vala e a recolha do mesmo, são utilizadas tubagens com juntas simplesmente emboquilhadas, exceto no troço inicial, e envolvidas por um material drenante, como a brita (diâmetros de 20 a 50 mm), gravilha ou escórias (Pedroso, 2008).

A trincheira filtrante é, geralmente, constituída por uma câmara repartidora principal, enterrada no solo, que encaminha o efluente para câmaras repartidoras secundárias. Contrariamente à trincheira de infiltração o destino final do efluente não é o solo, mas sim um meio hídrico (Bartolomeu, 1996).

Segundo Morais (1977) e Bartolomeu (1996), as trincheiras filtrantes são dimensionadas para uma área de fundo da vala de 2,50 m<sup>2</sup>/militar. Este método de dimensionamento é aplicado para caudais de 100 l/pessoa/dia, o que corresponde, aproximadamente, ao caudal produzido pelo aquartelamento de campanha, sendo esta analogia aplicada para os restantes órgãos de tratamento. As trincheiras apresentam uma largura entre 0,60 e 1,50 m e profundidade entre 1,40 e 1,75m e estão, geralmente, afastadas entre si de 2,00 m (Pedroso, 2008). É importante referir que estes elementos dependem da permeabilidade do solo, não devendo ser aplicados em terrenos com um nível freático elevado, evitando assim a contaminação das águas subterrâneas (Morais, 1977). Estes órgãos devem, por questões de segurança, encontrar-se a uma distância superior a 15,00 m de uma fonte de água potável (Pedroso, 2008).

##### Vantagens

- Fácil construção
- Reduzida manutenção
- Pode ser construída em terrenos impermeáveis

##### Desvantagens

- Necessidade de pré-tratamento
- Não pode ser aplicada em terrenos rochosos ou com o nível freático elevado

## E. Aterro Filtrante

O aterro filtrante é um órgão que complementa o tratamento iniciado na fossa séptica e, tal como o método anterior, é aplicado a pequenos aglomerados populacionais. Deve ser constituído por uma camada de areia com cerca de 1 m de altura (depositada sobre o terreno natural), para filtração das partículas que não sedimentaram na fossa séptica, o que permite melhorar a qualidade do efluente que será descarregado no meio hídrico (Bartolomeu, 1996). O aterro deve localizar-se num local próximo da fossa séptica, em solos de reduzida permeabilidade, rochosos ou cujo nível freático esteja a menos de 0,5 m da superfície (Morais, 1977). Esta solução pode ser um método eficaz quando os elementos de tratamento anteriormente referidos se revelam ineficazes devido às características do solo.

O efluente proveniente da fossa séptica é encaminhado para a parte superior do aterro, onde estará situada uma câmara repartidora com duas saídas. Posterior a esta câmara, deverá ser colocado um deflector em frente à tubagem de admissão, cuja função será diminuir a turbulência, facilitando a distribuição equitativa, que é realizada através de descarregadores triangulares ajustáveis, alimentando cada um uma linha de tratamento (Bartolomeu, 1996).

De seguida o efluente é introduzido no aterro após a distribuição realizada pelas tubagens superiores, passando pela camada filtrante de areia e, à semelhança do método anterior, será colhido por tubagens inferiores (Morais, 1977). As tubagens possuem juntas simplesmente emboquilhadas e são envolvidas por um material drenante, como a brita, gravilha ou escórias (Bartolomeu, 1996).

O aterro filtrante é, geralmente, alimentado por uma estação elevatória, visto que a fossa séptica se encontra a uma cota inferior à do aterro, onde será distribuído o efluente (Morais, 1977). No entanto, este aspeto poderá ser contornado, caso o local para implantação do aquartelamento, apresente uma topografia e configuração, que permitam um escoamento gravítico.

Para dimensionamento deste órgão deve garantir-se uma área disponível, ao nível do plano do dispositivo de distribuição, de 2,5 m<sup>2</sup>/militar. A área de aterro necessária obtém-se através da multiplicação do valor anterior pelo número de militares do aquartelamento. Apresenta-se, nas figuras B.8, B.9, B.10 e B.11 do Anexo B, a representação de um aterro filtrante, assim como os elementos complementares à conceção deste órgão de tratamento.

### Vantagens

- Aplicável a terrenos impermeáveis, rochosos ou com nível freático elevado
- Reduzida manutenção

### Desvantagens

- Necessita de pré-tratamento
- Pode precisar de uma estação elevatória
- Construção complexa

## F. Plataforma de Evapotranspiração

A plataforma de evapotranspiração é um órgão de tratamento localizado a jusante da fossa séptica, igualmente aplicado a pequenos aglomerados populacionais. A plataforma consiste numa lagoa estanque, de fundo plano (como representado na Figura B.12 do Anexo B), cujo principal objetivo é permitir a evaporação direta de parte das águas residuais, sendo o restante absorvido por plantas e, posteriormente, evapotranspirada. Para isso as espécies vegetais (arbustivas ou herbáceas) precisam de ser tolerantes a água com média salinidade, elevado teor em azoto e adaptáveis a solos de pequena espessura (Morais, 1977).

A aplicação deste método tem como grande vantagem o facto de não constituir qualquer agressão para o ambiente, desde que seja garantida a estanqueidade da plataforma, o que permite a sua construção sobre solos impermeáveis. A estanqueidade é garantida através de uma tela de PEAD que deverá ser aplicada sobre geotêxtil de filamento contínuo de alta porosidade. Sobre a tela deverá depositar-se uma camada de areia, sobre a qual será aplicada uma camada de brita de 0,50 m de altura, a que se sobrepõe, novamente, uma camada de areia. Finalmente, para plantar as espécies vegetais deverá ser adicionada uma camada de terra vegetal (Bartolomeu, 1996).

O efluente proveniente da fossa séptica deve ser distribuído num dos topos da plataforma e escoado longitudinalmente, pela camada drenante. Deverá ser previsto um dispositivo de descarga que permita o escoamento de algum efluente à saída da lagoa, para uma linha de água próxima ou escoamento superficial no terreno (Morais, 1977 e Bartolomeu, 1996). Segundo Moraes (1977), o dimensionamento destes órgãos de tratamento baseia-se na consideração de 1 m<sup>2</sup> de plataforma por cada militar.

À semelhança do aterro filtrante, estas plataformas também podem ser aplicadas quando o terreno possui um nível freático elevado (Morais, 1977). No entanto, em contexto militar estes dispositivos devem ser evitados, visto que são difíceis de construir e são onerosas (à semelhança do sistema de lagunagem). De lembrar que um aquartelamento de campanha não é semelhante a uma urbanização, na medida em que as infraestruturas são previstas para uma duração de utilização inferior, rejeitando-se a possibilidade de construir, inicialmente, elementos de longa duração e que sejam dispendiosos.

### Vantagens

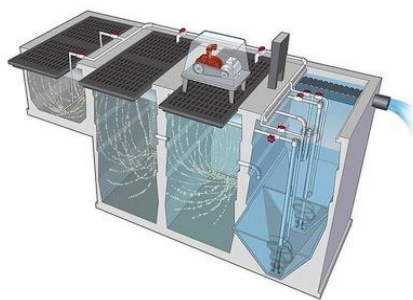
- Aplicável a terrenos impermeáveis, rochosos ou com um nível freático elevado
- Não apresenta odores desagradáveis
- Reduzida manutenção

### Desvantagens

- Necessidade de pré-tratamento
- Construção complexa e dispendiosa
- Depende do clima

### G. Estação de tratamento de águas residuais portátil

A aplicação de estações de tratamento portáteis em campanha está, geralmente, associada a uma situação operacional urgente ou temporária (Ministry of Defence, 2008). A estação de tratamento combina processos de arejamento, decantação e tratamento de sólidos, através de um único reservatório com múltiplos compartimentos, como representado na Figura 4.6.18. A tipologia mais comum destas estações inclui arejamento prolongado (lamas ativadas), estabilização de contacto, biofiltração, discos biológicos RBC – *rotating biological contractors* e reatores SBR – *sequencing batch reactors* (Department of Defence, 2012).



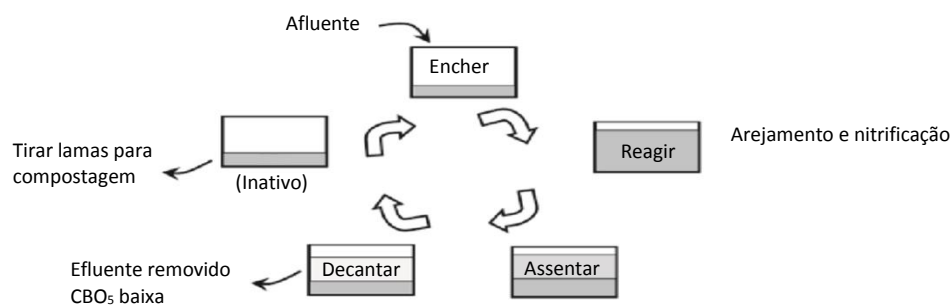
**Figura 4.6.18 – Representação de uma estação de tratamento de águas residuais portátil (fonte: Imari, 2015).**

Estes elementos têm, geralmente, uma capacidade de armazenamento de 10 m<sup>3</sup> e as lamas devem ser removidas a cada 10 a 12 semanas (Ministry of Defence, 2008).

Apesar de ser um método referenciado em algumas fontes militares, uma estação de tratamento de águas residuais portátil é dispendiosa e apresenta algumas desvantagens para uma força destacada, na medida em que requer que a força militar possua pessoal com as capacidades necessárias para a sua operação e manutenção. Esta solução implica que a força tenha sido dotada de formação especializada ou que realize um contrato com uma empresa responsável pela operação e manutenção da estação de tratamento.

Além deste elemento ter um custo de aquisição elevado, ainda é necessário adicionar o custo de transporte até ao teatro de operações, bem como os encargos de operação e manutenção. Relativamente ao processo de fabrico, transporte e instalação, estas operações são, geralmente, morosas, o que não favorece a sua aplicação a nível militar, onde o tempo é um fator decisivo na operação. Segundo Headquarters, Department of the Army (2013), estes elementos caíram em desuso não só pelas desvantagens anteriormente mencionadas, mas também pelo facto de a sua entrega ao órgão autárquico local no final da operação ser inviável, pelo facto de ser uma tecnologia sofisticada e de necessitar de pessoal especializado para operação e manutenção (Headquarters, Department of the Army, 2013).

O processo de tratamento é realizado essencialmente nos reatores do elemento, onde os microrganismos estabilizam o efluente. O processo de depuração é constituído pelas etapas de enchimento do reservatório, reação (arejamento, nitrificação), floculação, decantação e remoção das lamas, conforme se encontra apresentado na Figura 4.6.19 (Department of Defence, 2012).



**Figura 4.6.19 – Fases de tratamento de uma estação de tratamento de águas residuais portátil (adaptada de Headquarters, Department of the Army, 2013).**

#### **Vantagens**

- Aplicável em terrenos impermeáveis, rochosos ou com um nível freático elevado
- Portabilidade
- Não apresenta perigo de contaminação para o lençol freático

#### **Desvantagens**

- Necessidade de pessoal especializado para manutenção e operação
- Aquisição e transporte dispendiosos
- Impossibilidade de entrega ao órgão autárquico local

## 5. Normas ambientais no saneamento

Segundo Makinen (2008), os países membros da NATO devem, sempre que possível, repor o local onde foi implementado o aquartelamento na mesma condição ou melhor do que aquela em que foi inicialmente encontrado, respeitando assim o ambiente. Segundo NATO (2008), o ambiente é definido como o próprio espaço em que a NATO opera, o que inclui ar, água, terra, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e a relação entre os militares e a população local. Assim sendo, e no contexto que aqui se aborda, é essencial que o saneamento implementado por uma força militar não coloque em causa, em qualquer altura, o abastecimento de água ou a atividade agrícola da nação hospedeira.

Segundo Bowling et al. (2008), a política ambiental para as operações militares (NATO, ONU, entre outras organizações) é tipicamente caracterizada por um código ou princípios de proteção ambiental que incluem:

- O reconhecimento da importância das considerações ambientais no planeamento.
- O objetivo de minimizar o impacto ambiental.
- A consideração de normas ambientais locais.
- A minimização da produção de resíduos.
- A resposta oportuna a incidentes ambientais para mitigar os impactos.
- A minimização do ruído e de outras fontes de insegurança.

Os danos ambientais podem ser uma consequência inevitável das operações, mas um planeamento ambiental adequado minimiza estes efeitos sem comprometer as necessidades operacionais ou do treino militar. Além disso, um incidente ambiental a nível tático pode ter um potencial efeito nocivo a nível estratégico. Assim, é importante que os órgãos responsáveis pelo planeamento das operações devam ser capazes de planejar de forma eficiente e agir em conformidade, protegendo o ambiente, a população da nação hospedeira, a saúde dos militares e os recursos ambientais que asseguram a manutenção da força, aspetos que se revelam essenciais para o sucesso da operação.

### 5.1. Aplicabilidade e seleção das normas

A compreensão e consideração da legislação ambiental implica que os comandantes devam estar sensibilizados logo na fase inicial do planeamento, promovendo a recolha de informações sobre as possíveis soluções e a seleção da opção mais eficaz face à atividade no teatro de operações (NATO, 2008).

Uma operação é, geralmente, realizada num território com problemas políticos, instabilidade do governativa ou com atividades terroristas em curso, o que impossibilita que a força militar seja apoiada pelo governo local através de agências de proteção ambiental, pelo que é a força militar que deve proceder à seleção das normas aplicáveis ao teatro de operações.

A recolha e estudo de informações sobre o local devem respeitar as avaliações de risco ambiental e/ou de saúde que possam já ter sido realizadas, devendo ser considerados, para cada protocolo ambiental, quaisquer acordos internacionais, normas nacionais do país de origem da força, normas da nação hospedeira, políticas e práticas das forças aliadas presentes no teatro de operações, bem como princípios e práticas de engenharia (Bowling, 2008).

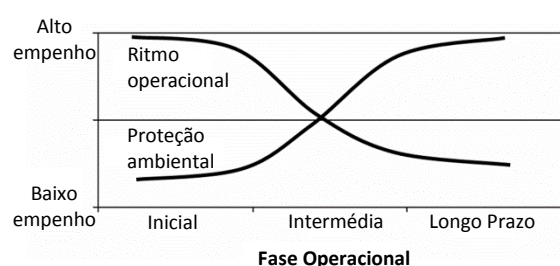
Como regra geral, o estudo da aplicabilidade das normas no teatro de operações obriga a que se selecione sempre a norma mais rigorosa (US Army Corps of Engineers, 2009; Makinen, 2008), pelo que o mais comum é que prevaleçam os regulamentos nacionais (do país de origem da força destacada) por serem mais rigorosos que os da nação hospedeira (onde por vezes não existe legislação ambiental). No caso de não existir nenhuma norma nacional para uma preocupação ambiental específica, as forças destacadas devem reger as suas atividades através das normas internacionais, com vista a evitar impactos ambientais negativos (NATO, 2008).

Acrescenta-se ainda que, no caso de não haver legislação referente a critérios ambientais específicos ou de a força militar se encontrar num local ecologicamente intocado, o planeamento da gestão e proteção ambiental torna-se ainda mais minucioso (NATO, 2008).

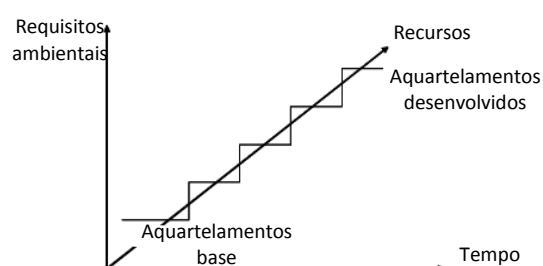
A consideração das normas ambientais revela um maior impacto nos aspetos relacionados com a drenagem e tratamento de águas residuais, já que este possui um elevado risco de possíveis contaminações. O principal objetivo é garantir que o impacto causado pela descarga das águas residuais no meio recetor é aceitável, pelo que o local de descarga pode ter de ser alterado face ao previsto no planeamento. Por outro lado, pode ainda ser necessário adicionar um nível de tratamento mais eficaz para o cumprimento das normas ambientais selecionadas (Finabel Coordinating Committee, 2007).

## 5.2. Implementação das normas no aquartelamento

A fase inicial de uma operação militar é caracterizada por um ritmo operacional elevado, como ilustrado na Figura 5.2.1, em condições adversas e fraca disponibilidade de recursos, como ilustrado na Figura 5.2.2, pelo que nesta fase a Engenharia praticamente não é solicitada face à importância da componente operacional. No entanto, é importante referir que mesmo nas condições mais adversas devem ser consideradas as preocupações ambientais mínimas, de modo a não causar um impacto negativo na saúde humana e no ambiente da nação hospedeira.



**Figura 5.2.1 – Relação entre a aplicação das considerações de proteção ambiental e o ritmo operacional da força destacada (adaptada de NATO, 2008).**



**Figura 5.2.2 – Relação entre a capacidade de cumprimento de normas ambientais com a evolução do aquartelamento/tempo de permanência (adaptada de Bowling et al., 2008).**

Com a estabilização da operação verifica-se um abrandamento do ritmo operacional, o que possibilita o cumprimento de cada vez mais normas ambientais, como representado na Figura 5.2.1. Na fase intermédia as forças destacadas dispõem de cadeias logísticas mais robustas e a disponibilidade de recursos é superior, como

representado na Figura 5.2.2. Dispõem também de mais opções de reciclagem e reutilização de resíduos, assim como uma infraestrutura mais desenvolvida, permitindo minimizar os impactos ambientais (Bowling et al, 2008).

Ainda durante a fase intermédia, as autoridades militares servem como autoridade de execução para o cumprimento de legislação ambiental, sendo que o planeamento relativo a esta fase deve assegurar medidas de prevenção de poluição, desde a redução na fonte até ao tratamento de resíduos, de forma a que as operações permaneçam sustentáveis (NATO, 2008).

A fase de longa duração é caracterizada por um ritmo de operação estável onde é possível integrar os sistemas de gestão ambiental e de tratamento de resíduos no aquartelamento. As operações de longa duração aumentam os efeitos negativos de uma deficiente gestão de resíduos feita inicialmente, o que realça a importância de um planeamento correto. Esta fase deve ser realizada tendo em conta a seleção de métodos de gestão e tratamento de resíduos com base na eficiência energética, necessidades de manutenção e custo do ciclo de vida (NATO, 2008; Bowling et al., 2008).



## 6. Caso de estudo

O caso de estudo desta dissertação de mestrado relaciona-se com as infraestruturas de saneamento aplicadas em aquartelamentos de campanha, focando-se concretamente na missão da Engenharia Militar portuguesa no teatro de operações do Líbano.

A sua análise pretende colmatar a ausência de documentação do Exército Português relativa ao dimensionamento das infraestruturas de saneamento em situações de campanha, tendo-se procedido ao planeamento e dimensionamento das redes de abastecimento e drenagem a instalar, bem como a escolha do método de tratamento mais adequado ao teatro de operações. A análise deste caso de estudo permite ainda a recomendação de possíveis medidas que contribuam para a otimização da solução inicialmente prevista, tanto a nível económico, ambiental, como da sustentabilidade do aquartelamento.

É essencial que se entenda o contexto operacional que levou à necessidade de implantação de uma força militar portuguesa no Líbano, sendo depois realizado um enquadramento do local onde foi implantado o aquartelamento, que por sua vez influenciou diretamente as infraestruturas de saneamento.

A UNIFIL (*United Nations Interim Force in Lebanon*) é uma das operações de manutenção de paz mais antigas das Nações Unidas. O confronto civil que decorria desde 1975 entre palestinos sediados no Líbano e as *Israel Defence Forces* (IDF) culminou, em Março de 1978, num ataque provocado pela Organização de Libertação da Palestina (OLP) a norte de Israel, proveniente do Líbano. Em resposta a este ataque as IDF invadiram o Líbano através da linha de separação entre Israel e o Líbano, a designada *Blue-line*<sup>34</sup>, e o conflito resultou na morte de cerca de 2 000 libaneses e dois israelitas, provocando aproximadamente 100 000 deslocados (Cor Maio et al., 2012).

A 19 de Março do mesmo ano, o Conselho de Segurança das Nações Unidas (CSNU) pediu a Israel a cessão imediata de todas as suas ações e a retirada das suas forças do território libanês. Foi nesta fase que surgiu a UNIFIL, com um propósito de confirmar a retirada das IDF, restabelecer a paz e segurança e apoiar o governo libanês a restabelecer a sua soberania territorial (Maj Dias et al., 2010).

Apesar das IDF se terem retirado para Israel, as hostilidades ao longo da *Blue-line* mantiveram-se, levando à morte e ferimento de militares da ONU. Em 11 de Agosto de 2006, o CSNU oficializou a resolução que visava o fim do conflito, na qual previa o envio de militares para reforço da missão da ONU (Cor Maio et al., 2012).

O conceito de operação militar concebido pela UNIFIL destinava-se a alcançar a paz e segurança no Líbano, garantindo a segurança entre fronteiras, pontos de entrada e o controlo efetivo e independente do exército libanês. Um dos pressupostos para o sucesso da operação passou pela transformação da UNIFIL numa força mais robusta, através de um reforço de capacidades militares (Cor Maio et al., 2012 e Maj Dias et al, 2010).

Uma das opções de emprego das forças militares foi a aplicação de uma companhia de Engenharia Militar para apoio à reconstrução. A unidade de Engenharia deveria ser auto-suficiente em termos logísticos e de comunicações no teatro de operações, e o efetivo da força estabelecida deveria ser de aproximadamente 141

---

<sup>34</sup> *Blue-line*: Linha alusiva às Nações Unidas, representa o local de retirada das IDF. Esta linha marca a melhor aproximação às linhas de fronteira definidas em 1923 e em 1949 (Cor Maio et al., 2012).

homens. A escolha de uma companhia de Engenharia assenta sobretudo na sua versatilidade, na capacidade de realização de trabalhos em apoio da UNIFIL e em apoio das populações do sul do Líbano (UNENG1, 2007).

As capacidades requeridas da força estão contempladas no sistema de engenharia abordado no capítulo 3, mas para cada teatro de operações podem ser necessárias capacidades diferentes. Segundo Cor Maio et al. (2012), o teatro de operações libanês requeria as seguintes capacidades da companhia de engenharia:

- Mobilidade – remoção de escombros, reparação de itinerários e de pontes com pequenos vãos;
- Proteção – trabalhos de organização do terreno em proveito da proteção da força;
- Apoio geral de Engenharia – melhoria das condições de vida, nomeadamente, redes de abastecimento de água, tratamento de água, redes de drenagem de águas residuais e rede de eletricidade;
- Operação CIMIC – apoiar as Organizações Não Governamentais (ONG), as autoridades locais e a população local.

## 6.1. Enquadramento geográfico

O Líbano é um país do oeste asiático, situado no extremo leste do mar mediterrâneo, limitado a norte e a leste pela Síria e a sul por Israel. Trata-se de um país intersetado por duas cordilheiras, monte Líbano e Anti-Líbano, que estão orientadas paralelamente ao mar mediterrâneo como representado na Figura 6.1.1, sendo que, na separação das duas cordilheiras, surge a planície de Bekaa. A república libanesa ocupa uma superfície de aproximadamente 10 400 km<sup>2</sup> (Cor Maio et al., 2012), em que mais de 50% do território se encontra acima dos 1 000 m de altitude (UNENG1, 2007).



Figura 6.1.1 – Relevo do Líbano (adaptada de CDR, 2004).

O território apresenta 17 rios (apresentados na Figura 6.1.2 e caracterizados na Tabela 6.1.1) que fluem durante todo o ano e 23 cursos de água sazonais. Juntos perfazem um comprimento total de aproximadamente 730 km e um caudal médio anual de aproximadamente 3 900 Mm<sup>3</sup> (Ministry of Environment, 2001).



**Figura 6.1.2 – Principais rios do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001).**

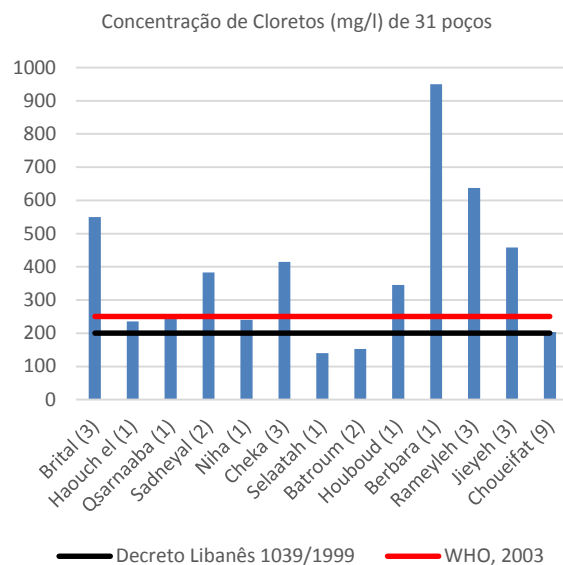
**Tabela 6.1.1 – Caracterização dos 17 rios principais do Líbano, (adaptada de Ministry of Environment, 2001).**

Nome	Comprimento (km)	Caudal em Mm <sup>3</sup>			
		Anual	Médio	Máx	Mín
El Kabir	58	190	6,02	13,9	1,8
Ostunte	44	65	2,07	4,01	0,8
Aaraga	27	59	2,06	6,27	0,8
El Bared	24	282	8,94	15,2	2,7
Abou Ali	45	262	15,17	37,3	1,6
El Jaouz	38	76	2,4	6,18	0,4
Ibrahim	30	508	16,1	27,6	1,9
El Kalb	38	254	8,04	18,1	2,4
Beirut	42	101	2,59	10	0,1
Damour	38	307	13,8	32,7	0,6
El Awali	48	299	9,71	26,2	3,9
Saitani	22	14	0,73	1,3	0
El Zahrani	25	38	1,59	3,4	0,3
Abou Assouad	15	11	0,35	NA	NA
Litani	170	793	12,5	4,3	4,3
El Aassi	46	480	16,4	11,5	11,5
Hasbani	21	151	4,8	1,6	1,6

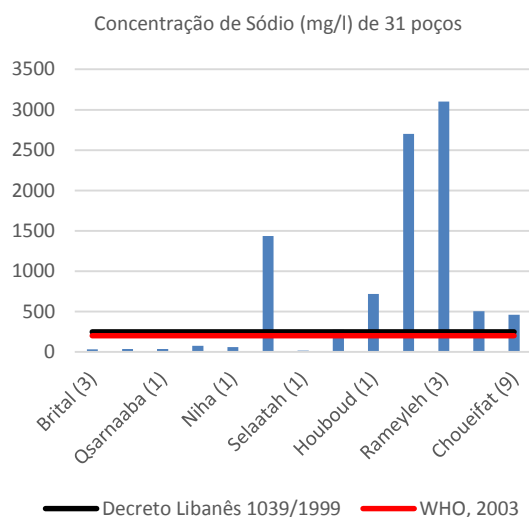
NA – Não avaliado

A água é um dos recursos mais preciosos do Líbano, mas apesar dos investimentos realizados para explorar este recurso, pouco tem sido feito para o preservar. As atividades humanas exercem fortes pressões na qualidade e quantidade de água, e o corte de árvores, a aplicação de fertilizantes em terrenos agrícolas, o funcionamento de barragens, a irrigação e a deposição de águas residuais no solo ou nos cursos de água sem tratamento interferem com o ciclo de água, afetando o seu natural reabastecimento (Ministry of Environment, 2001). Apesar da elevada disponibilidade de águas superficiais, estas apresentam uma fraca qualidade. Segundo MOE/UNDP/ECODIT (2011) e UNESCWA (2012), alguns dos principais rios apresentam elevados níveis de coliformes fecais e totais e de CBO<sub>5</sub>, indicadores que evidenciam a descarga das águas residuais diretamente nos rios sem qualquer tipo de tratamento.

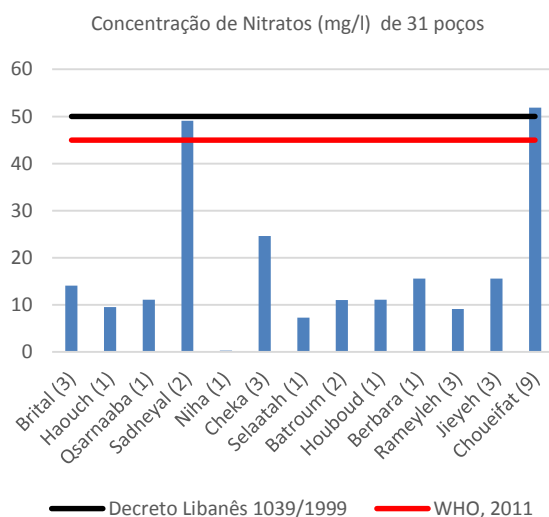
A formação rochosa que prevalece no Líbano é calcária fissurada, o que aumenta a facilidade com que certas substâncias se infiltram no solo, contaminando o lençol freático. Algumas fontes de água subterrânea encontram-se poluídas devido a descargas de efluentes industriais, efluentes domésticos, fertilizantes agrícolas ou intrusão salina (Ministry of Environment, 2001). A contaminação por estes elementos podem ser detetadas em poços através do aumento anormal de certas substâncias, tais como os cloretos e sódio no caso da intrusão salina, e o aumento de cloretos e nitratos no caso de haver presença de fertilizantes no lençol freático. A Figura 6.1.3, Figura 6.1.4 e Figura 6.1.5 representam os valores médios medidos em cada região e os valores recomendados pela WHO (*World Health Organization* – Organização Mundial de Saúde) e pelo Decreto Libanês de 1039/1999.



**Figura 6.1.3 – Concentração de cloretos em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2003).**



**Figura 6.1.4 – Concentração de sódio em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2003).**

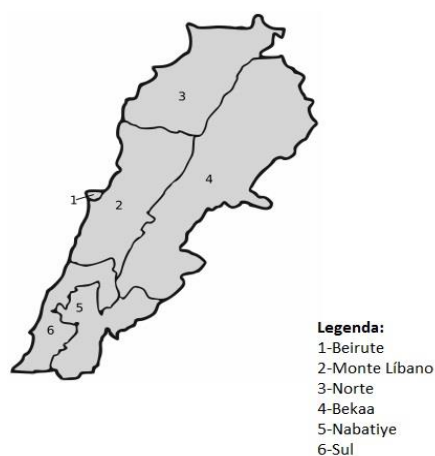


**Figura 6.1.5 – Concentração de nitratos em 31 poços de 13 regiões do Líbano (adaptada de Ministry of Environment, 2001, e WHO, 2011).**

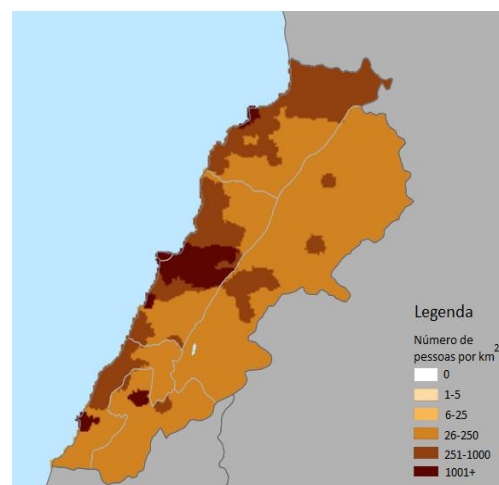
A contaminação do lençol freático por intrusão salina acontece em locais mais próximos da zona costeira como Cheka, Selaatah, Batroum, Houboud, Berbara, Rameyleh, Jieyeh e Choueifat, onde se depara com um abaixamento do nível freático, permitindo a entrada de águas do mar (MOE/UNDP/ECODIT, 2011). Segundo Ministry of Environment (2001), uma elevada concentração de cloretos em zonas montanhosas, como Brital, poderá também indicar uma infiltração de fertilizantes nas águas subterrâneas (ver Figura 6.1.3).

O território libanês está dividido em seis regiões principais designadas por *mohafazat*: Beirute, Monte Líbano, Norte, Bekaa, Sul e Nabatiye (Lebanon State of the Environment Report, 2001; MOE/UNDP/ECODIT, 2011; Ministry of Social Affairs, 2007), de acordo com o representado na Figura 6.1.6. O Líbano tem 3.8 milhões de habitantes e grande parte deste número reside no litoral (ver Figura 6.1.7). A região com maior população é

o Monte Líbano, com cerca de 40% da população total, e a região com menor número de habitantes é Nabatiye, com cerca de 5,9%. (Ministry of Environment, 2001 e MOE/UNDP/ECODIT, 2011).

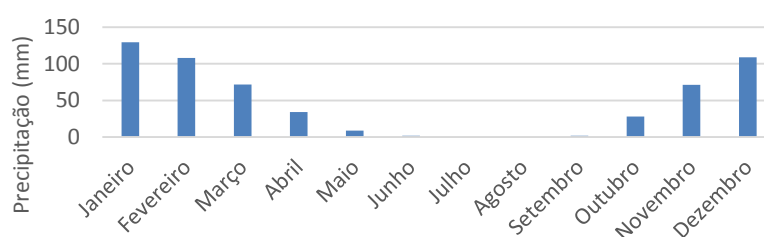


**Figura 6.1.6 – Regiões em que se divide o Líbano (adaptada de Central Intelligence Agency, 2011).**



**Figura 6.1.7 – Distribuição da população pelo território libanês (adaptada de SEDAC, 2000).**

O clima é do tipo mediterrâneo moderado, com verões quentes e secos, e invernos frios e com grande precipitação, podendo no entanto surgir diferenças de clima a nível regional e mesmo local. As temperaturas médias variam entre 32 °C em Julho e os 10°C em Janeiro (Cor Maio et al., 2012). Nas montanhas do monte Líbano ocorre precipitação de neve e esta permanece, muitas vezes, nos cumes até ao início do verão (UNENG11, 2012). A precipitação no Líbano é desigualmente distribuída, sendo que mais de 90% desta cai entre Outubro e Abril. Em contrapartida, o intervalo de Maio a Setembro é marcado por um período com pouca ou nenhuma precipitação, como se pode verificar na Figura 6.1.8. Algumas áreas do país não têm mesmo precipitação durante seis meses, o que implica uma grande necessidade de armazenamento de água durante os períodos de seca (Ministry of Environment, 2001).



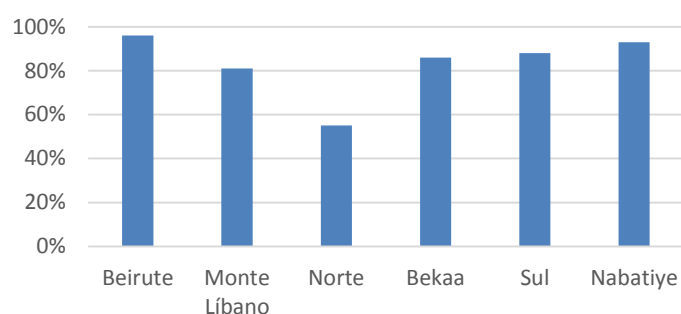
**Figura 6.1.8 – Dados de precipitação média mensal de 1990-2009 no Líbano (adaptada de The World Bank Group, 2015).**

As informações recolhidas sobre a geografia do país, nomeadamente acerca dos locais de foco populacional e dos recursos hídricos são importantes para o planeamento do local onde ficará instalado o aquartelamento, já que é recomendável a nível operacional que as instalações militares devam aproveitar, sempre que possível, as infraestruturas e recursos locais.

Num país subdesenvolvido estas infraestruturas concentram-se com maior frequência nas principais cidades e capital do país. Aumentando assim, a relevância do estudo cuidado do enquadramento geográfico, que contribui para uma melhor escolha do local onde ficará instalada a força militar, contendo uma fonte de água potável e, idealmente, infraestruturas de drenagem de águas residuais, fatores que garantem o bem estar da força militar durante a operação.

## 6.2. Nível de saneamento no país

A guerra civil que decorreu no Líbano entre 1975 e 1990 degradou não só os aspetos sócio económicos mas também as suas infraestruturas. Desde 1991 que têm sido realizados esforços no sentido de promover a reconstrução do país, verificando-se, no entanto, que esta decorre apenas em torno das cidades principais, nomeadamente em Beirute (capital do Líbano), onde se encontra a maior percentagem de habitações ligadas ao sistema de abastecimento público (Darwish, 2004), conforme se apresenta na Figura 6.2.1.



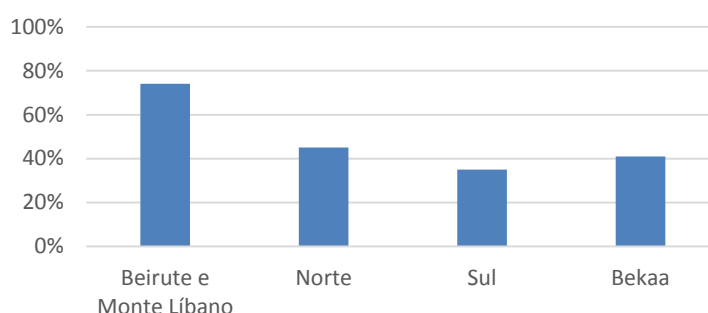
**Figura 6.2.1 – Percentagem de habitações ligadas ao sistema público de abastecimento de água em função da localização (adaptada de World Bank, 2009).**

Após a guerra civil, cerca de 40 000 poços de água artesanais foram abertos em todo o território libanês, o que provocou uma redução do nível freático e a intrusão da água do mar nas águas subterrâneas (World Bank, 2009). As redes de distribuição de água sofreram também represálias, já que a guerra levou à deterioração de canalizações, aumento de fugas (segundo EMWIS (2005), aproximadamente 50%, em todo o território), e à falta de manutenção das infraestruturas. Segundo EMWIS (2005), cerca de 60% da rede pública precisa de reabilitação. Registou-se também o aumento de ligações ilegais à rede pública, a remoção de reguladores de caudal ou mesmo a instalação de bombas diretamente no local de fornecimento, factos que levaram a uma degradação global do sistema público de distribuição de água potável (Darwish, 2004).

Além de degradado, o sistema de abastecimento público encontra-se muitas vezes mal dimensionado, havendo cruzamentos entre as canalizações de abastecimento de águas e as canalizações que realizam a drenagem de águas residuais, o que pode resultar na contaminação da água potável (Ministry of Environment, 2001). Isto conduziu a que a população de determinadas áreas fosse afetada por doenças provenientes da contaminação dos aquíferos, como a diarreia, desinteria, febre tifóide e hepatite A (National Health Statistics Report in Lebanon, 2012 e Ministry of Environment, 2001).

Segundo El-Jisr e Chabarekh (2012), cerca de 85% dos edifícios estão ligados à rede pública e apenas 7% estão ligados a furos. No entanto, os consumidores não têm confiança na rede de abastecimento pública, pelo que grande parte opta por meios alternativos de abastecimento, como a água engarrafada. Além de ser de fraca qualidade, o abastecimento de água é intermitente, o que faz com que muitas habitações não recebam água diariamente (Ministry of Environment, 2001).

Em paralelo com o abastecimento de água, o sector de águas residuais encontra-se igualmente deficiente. As infraestruturas de esgotos existem apenas nos grandes municípios e são muito antigas, danificadas ou subdimensionadas. Ainda existe, atualmente, um grande número de pequenas cidades que carece de um sistema de recolha de águas residuais, pelo que a cobertura dada a nível de saneamento é insuficiente e varia amplamente com a região considerada, tal como é apresentado na Figura 6.2.2 (World Bank, 2010).



**Figura 6.2.2 – Cobertura do sistema de drenagem de águas residuais pelas regiões (adaptada de World Bank, 2010).**

Em traços gerais, 56% das habitações estão ligados ao sistema de coletores públicos e as restantes habitações estão ligados a fossas sépticas, a maioria das quais permeável ou sem nenhum dispositivo de tratamento a jusante (World Bank, 2010 e MOE/UNDP/ECODIT, 2011). Devido à ausência de estações de tratamento de águas residuais, a maioria dos efluentes industriais e domésticos são descarregados no meio ambiente com pouco ou nenhum tratamento prévio, como já referido, diretamente em rios ou através das redes de drenagem de águas residuais municipais (El-Jisr e Chabarekh, 2012).

Assim sendo, e tendo em conta as deficientes condições existentes no Líbano quanto ao abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais, a recolha e análise de toda a informação disponível contribui para a tomada de decisões mais ponderadas e acertadas, como já referido. O Anexo C apresenta um mapa de análise do nível de saneamento geral no país e um levantamento do número de casas ligadas à rede pública de abastecimento de água e drenagem de águas residuais, assim como o número de poços por região do Líbano, informações úteis, por exemplo, aquando da seleção do local de implantação da força na área de operações. Deve ainda ter-se em conta a opinião da população local, já que esta possui não só o conhecimento das fontes de água potável, como os locais prováveis desta se apresentar contaminada, o que representa uma mais-valia no planeamento.



### 6.3. Implantação do aquartelamento português

A escolha do local para instalação da força militar portuguesa no teatro de operações passou por várias hipóteses, tais como Baqbuq, Al-Sama'iya, Qana, Wadi Jilu e Jwayya, todas situadas a menos de 40 km da fronteira com Israel. No entanto, estes locais foram considerados como inviáveis para a força militar portuguesa devido à falta de espaço, reduzida acessibilidade, isolamento do local face às restantes forças da UNIFIL, dificuldades na aquisição do espaço ou por questões operacionais.

A construção do aquartelamento em Qana, por exemplo, exigia um extenso perímetro, o que representaria a necessidade de um grande número de militares para garantir segurança ao aquartelamento. Em Wadi Jilu, apesar da boa acessibilidade, o terreno para implantação da força militar ficaria muito próximo da população, o que também representaria uma desvantagem pela necessidade empenhar um elevado número de militares para conferir segurança ao aquartelamento (Cor Maio et al., 2012).

O local selecionado pelas Nações Unidas para implantação da força portuguesa situava-se a menos de 1 km da povoação de Shama e a cerca de 12 km do quartel-general da UNIFIL, em Al Naqoura (ver Figura 6.3.1), junto à fronteira com Israel (UNENG1, 2007). As vantagens deste local incluíram a boa acessibilidade, o afastamento de aglomerados populacionais, a proximidade a outra força da UNIFIL e ao quartel-general da UNIFIL, assim como a proximidade a um furo de captação de água potável (ver Figura 6.3.2).



Figura 6.3.1 – Localização do aquartelamento português no Líbano (fonte: Google Maps, 2015).

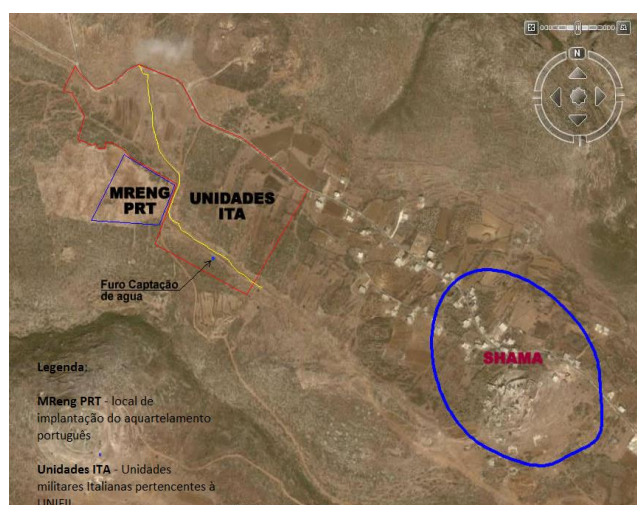


Figura 6.3.2 – Estudo do local para o aquartelamento português (fonte: arquivos da DIE).

O terreno escolhido situava-se, em média, à cota de 320 m, desprovido de qualquer tipo de infraestrutura, acesso ou caminho interior. A área era caracterizada por maciços calcários e terreno argiloso, apresentando-se sem qualquer tipo de nivelamento, o que determinou a primeira fase de construção do aquartelamento nos 4 meses subsequentes, que passaria pelas operações de terraplanagem (Cor. Maio et al., 2012 e UNENG1, 2007).

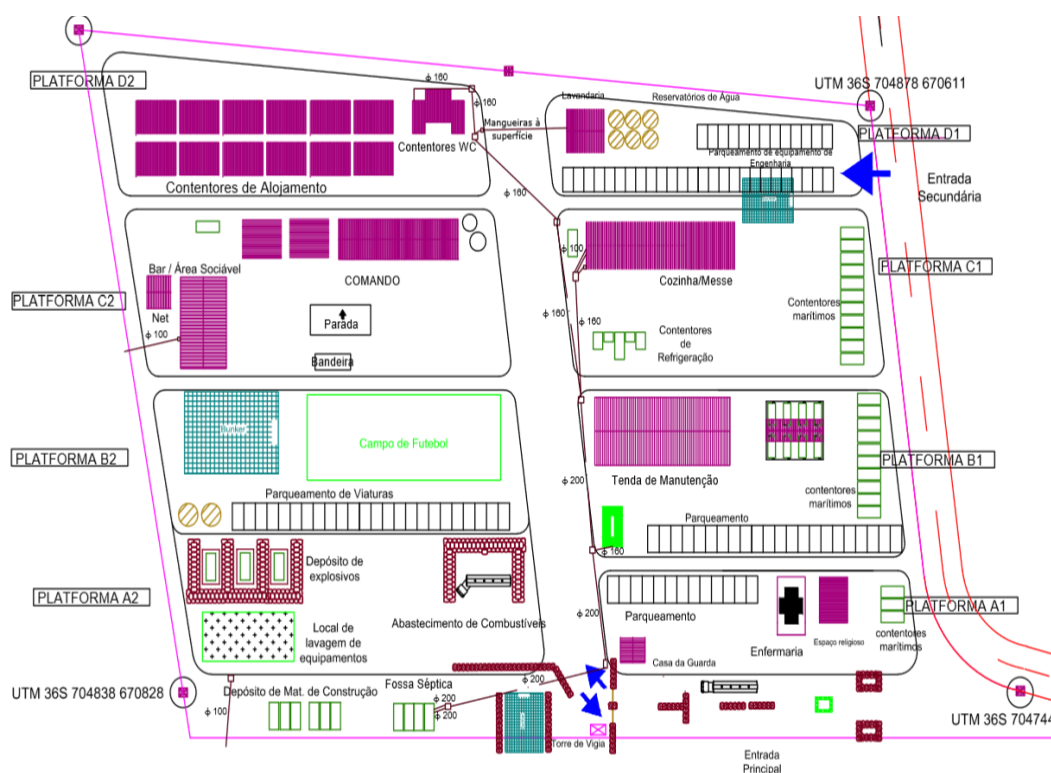
O aquartelamento, designado por *UBIQUE Camp*, foi sucessivamente melhorado desde o início da instalação das forças no teatro de operações, a 26 de Novembro de 2006, até Dezembro de 2011. O projeto do aquartelamento, realizado pela DIE (Direção de Infraestruturas do Exército), passou por diversas fases,



começando na simples montagem de uma área de bivaque<sup>35</sup> (utilizada apenas nos primeiros 12 dias), cujo tipo de construções é temporário, evoluindo depois para um aquartelamento onde as construções (contentores e estruturas de betão) são maioritariamente permanentes. No projeto do aquartelamento definitivo estavam ainda previstos os alojamentos do efetivo operacional da força militar, constituída por 12 oficiais, 37 sargentos e 92 praças, perfazendo um total de 141 militares (Cor. Maio et al., 2012).

Após o levantamento topográfico do espaço, foram realizadas as plataformas estabelecidas pelo projeto da DIE, sendo que a diferença de cotas entre plataformas adjacentes era de 1,5 m. Os trabalhos implicaram um volume de movimentação de terras de cerca de 40 000 m<sup>3</sup> de escavação, verificando-se mesmo assim um défice de terras para aterro. Este problema foi posteriormente colmatado pela UNIFIL através do fornecimento de 15 000 m<sup>3</sup> de material inerte, resultando num total de 2 000 horas/máquina (entre equipamentos pesados, médios e ligeiros de construção) na construção das plataformas (Cor Maio et al., 2012).

A prioridade na execução de trabalhos no aquartelamento dirigia-se, inicialmente, para a instalação da força. A materialização desta prioridade iniciou-se com a montagem de contentores de habitação e instalações sanitárias, fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água e drenagem de águas residuais (UNENG1, 2007), que serão abordadas no subcapítulo seguinte. A evolução que o aquartelamento sofreu nos cerca de 5 anos e meio que se seguiram permitiu dar resposta às necessidades da força nas áreas de proteção, alojamento, comunicações, saneamento, alimentação e saúde, tendo-se obtido como produto final o aquartelamento representado na Figura 6.3.3.



**Figura 6.3.3 – Estado final do aquartelamento UBIQUE Camp, projetado pela DIE (fonte: arquivos da DIE).**

<sup>35</sup> Área de bivaque: área maioritariamente constituída por tendas militares.

#### 6.4. Abastecimento de água e drenagem de águas residuais no aquartelamento

A evolução do aquartelamento passou pelo contínuo desenvolvimento das suas infraestruturas, e o sistema de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais são exemplo disso mesmo, tendo-se verificado uma grande evolução desde o início da missão portuguesa no Líbano até ao seu término.

Na fase inicial da ocupação do aquartelamento, durante a instalação da força no teatro de operações, o abastecimento de água era feito através de garrafas de água, reservatórios de água atrelados e autotanques. As garrafas de água serviam apenas para consumo pessoal, sendo que a água proveniente dos reservatórios atrelados ou autotanques destinava-se às restantes atividades primárias como a confeção de alimentos e higiene pessoal.

Depois da instalação da força no teatro de operações, foram melhoradas as condições de instalação no aquartelamento, aproveitando uma maior disponibilidade de materiais de construção. Procedeu-se então à instalação de um sistema de distribuição de água que realizava o transporte de água a partir de 6 reservatórios (6000 litros cada) instalados no ponto de cota mais elevado do *UBIQUE Camp*. Os reservatórios eram reabastecidos diariamente pela UNIFIL através de autotanques e a rede abastecia os contentores sanitários, a cozinha e, numa fase posterior, a enfermaria, o bar e o local de lavagem de viaturas, tal como representado na Figura 6.4.1.

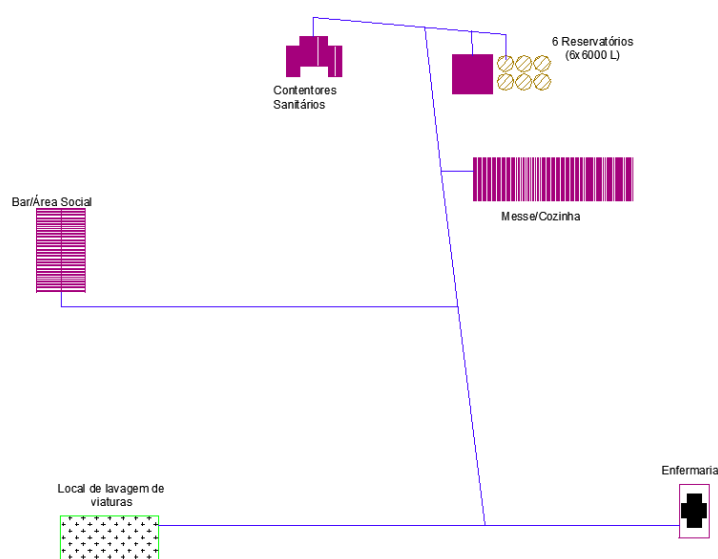


Figura 6.4.1 – Sistema de distribuição de água do aquartelamento português no Líbano.

Na última fase da missão foram construídas condutas que encaminhavam a água desde um furo localizado no aquartelamento italiano até ao *UBIQUE Camp*, embora não exista documentação sobre as características da mesma.

Apesar da existência de um sistema de abastecimento de água, a ingestão de água pelos militares continuou a ser feita por garrafas de água que, apesar de não ser mais vantajoso do que o consumo da água proveniente de um furo local (como abordado no capítulo 3), constituía já um hábito das forças militares portuguesas noutros contingentes como o Kosovo, Afeganistão, entre outros.

O sistema de drenagem de águas residuais também acompanhou a evolução do aquartelamento português. Foi inicialmente contruída uma rede de drenagem de águas que culminava numa fossa sética e que apresentava ramificações em cada uma das seis plataformas que constituíam o aquartelamento, conforme representado na Figura 6.4.2.

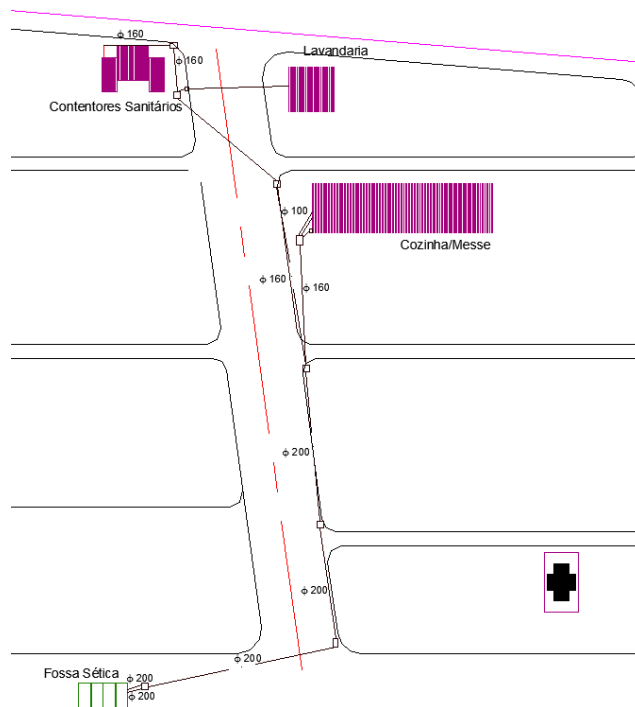


Figura 6.4.2 – Sistema de drenagem de águas residuais que predominou no *UBIQUE Camp*.

A fossa sética projetada tinha um volume de  $105 \text{ m}^3$  e estava dividida em 4 compartimentos, conforme esquematizado na Figura 6.4.3.

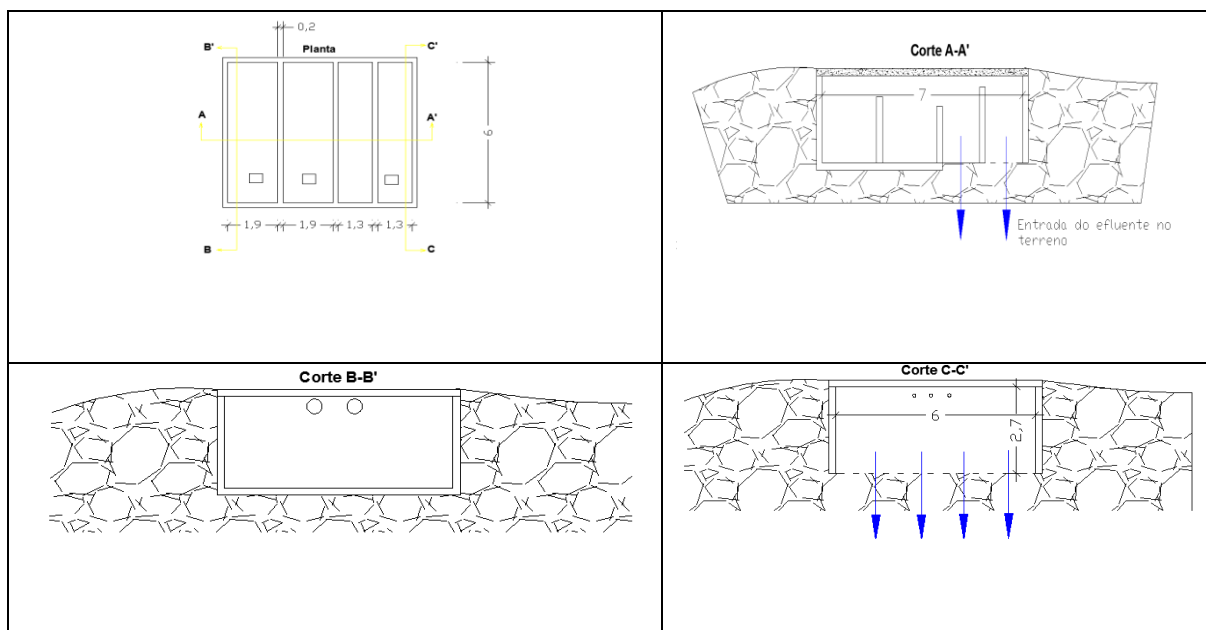


Figura 6.4.3 – Planta e cortes da fossa sética implementada no *Ubique Camp* (fonte: arquivos DIE).

A compartimentação da fossa séptica foi projetada, conforme previsto no MOU<sup>36</sup>, para evitar a contaminação do solo e para que fosse possível aproveitar a parte líquida proveniente da última compartimentação para rega ou para lavagem de carros, constituindo, assim, um possível sistema de reutilização. No entanto, a execução da fossa séptica não teve em conta o compartimento que infiltrava o efluente no terreno, visto que a base consistia numa laje de betão.

Em 2010 o sistema de drenagem de águas residuais sofreu uma alteração a jusante, passando o tratamento a ser realizado numa ETAR.

## **6.5. Dimensionamento das redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais**

Este subcapítulo foi realizado com o intuito de servir como elemento guia no dimensionamento das redes de abastecimento de água, drenagem de águas residuais e seleção do método de tratamento de águas residuais mais eficaz no teatro de operações.

Esta análise teve como base apenas os traçados das redes implementadas no local, tendo-se procedido ao seu dimensionamento, respeitando todas as condicionantes do local. Para dimensionamento das redes foram aplicadas as recomendações presentes no documento NATO – Guide for Field Accommodation 2008 (Makinen, 2008) e nas normas portuguesas do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água, de 23 de Agosto de 1995 (RGSPDADAR 23/95).

### **6.5.1. Rede de Abastecimento de Água**

Para simplificação da rede de abastecimento de água, os contentores destinados a dormitórios, instalações sanitárias e lavandaria deveriam estar colocadas numa cota mais baixa que a cota do reservatório, de forma a estar assegurado um escoamento gravítico. Idealmente o reservatório deveria ser elevado, de forma a garantir que o sistema funcionasse com pressão suficiente. No entanto, quando se projeta um aquartelamento deve dar-se primazia à segurança, o que levou a que isso não se verificasse.

O dimensionamento da rede de abastecimento de água do aquartelamento em estudo é semelhante a uma instalação predial, tratando-se de uma rede ramificada (ver figura D.1 do Anexo D), na qual é possível identificar o consumo existente em cada nó. Em cada nó de extremidade existe uma instalação (lavandaria, instalações sanitárias/balneários, cozinha/messe, bar/área social), ao qual é possível fazer corresponder determinados dispositivos como retretes, lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar ou bocas de lavagem, determinados segundo a Tabela 6.5.1. Os valores apresentados nesta tabela baseiam-se no recomendado pelo documento NATO: *Guide for Field Accommodation* (Makinen, 2008), tal como apresentado no subcapítulo 4.3, e podem ser considerados como indicativos para aplicações futuras. A cada dispositivo está associado um caudal instantâneo, recomendado pelo RGSPDADAR 23/95, que foi adotado no dimensionamento da rede de distribuição de água e que tem em conta as suas características particulares (ver Tabela 6.5.2).

---

<sup>36</sup> MOU – *Memorandum Of Understanding* (memorando de entendimento): consiste num acordo entre a organização e o Exército, estabelecendo os termos em que a contribuição da força militar se processa (efetivo, equipamentos, sustentação, fatores de missão e transporte para o teatro de operações).

**Tabela 6.5.1 – Determinação do número de dispositivos de um aquartelamento.**

	% do número total militares
Urinóis	10
Retretes	12,5
Chuveiros	12,5
Lavatórios	12,5
Máquina de lavar a roupa	3
Máquina de lavar a louça	4

**Tabela 6.5.2 – Caudais instantâneos e número de dispositivos no *UBIQUE Camp*.**

	Dispositivos	Caudais mínimos por dispositivo (l/s)	Nº de dispositivos	Caudais totais (l/s)
<b>Instalações Sanitárias</b>	Urinóis	0,15	12	8,10
	Retretes	0,10	18	
	Chuveiros	0,15	18	
	Lavatórios	0,10	18	
<b>Cozinha</b>	Pia lava - louça	0,20	4	1,4
	Máquina de lavar a louça	0,15	4	
<b>Lavandaria</b>	Máquina de lavar a roupa	0,20	6	1,2
<b>Bar</b>	Pia lava - louça	0,20	1	0,35
	Máquina de lavar a louça	0,15	1	
<b>Estação de Limpeza de Viaturas</b>	Boca de lavagem de $\Phi$ 20 mm	0,45	1	0,45
<b>Enfermaria</b>	Lavatório	0,10	1	0,1
<b>Total</b>				<b>11,60</b>

De acordo com o RGSPDADAR 23/95, o dimensionamento das canalizações é determinado através do caudal de cálculo que corresponde ao produto do caudal instantâneo pelo coeficiente de simultaneidade<sup>37</sup>. No entanto, em situações de campanha, é previsível a utilização simultânea dos dispositivos instalados, pelo que o coeficiente de simultaneidade assumia um valor igual à unidade, não afetando portanto o dimensionamento. Assim sendo, o dimensionamento é feito com base nos caudais acumulados em cada canalização.

Para proceder ao dimensionamento é necessário iterar o valor de diâmetros interiores (de tubagens comerciais), até satisfazer as seguintes limitações impostas pelo RGSPDADAR 23/95:

- As velocidades de escoamento deverão oscilar entre 0,5 m/s e 2,0 m/s. A velocidade mínima prende-se sobretudo com a preocupação com a acumulação de sedimentos e dificuldades associadas à acumulação de ar nos pontos altos. O limite máximo de velocidade deve-se sobretudo a preocupações de durabilidade e conforto acústico da instalação.
- Nos locais onde se situam as instalações, as pressões devem situar-se entre os 50 kPa e 600 kPa, no entanto, o RGSPDADAR 23/95 recomenda que deve ser garantida uma pressão entre 150 kPa e 300 kPa por razões de conforto e de durabilidade das canalizações.

<sup>37</sup> Fator que expressa a probabilidade de todos os dispositivos sanitários estarem em funcionamento ao mesmo tempo (Pedroso, 2008).

O cálculo das velocidades é dado pela equação (4), designada por equação de continuidade, que requer o conhecimento do diâmetro interior da tubagem.

$$U = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

em que: U – velocidade (m/s)

Q – caudal (m<sup>3</sup>/s)

A – área da secção do escoamento (m<sup>2</sup>) que corresponde, no caso de um escoamento em pressão, à área interior da secção transversal da tubagem

Para calcular as pressões num nó de extremidade/instalação (lavandaria, instalações sanitárias/balneários, cozinha/messe, bar/área social), é necessário determinar as perdas de carga ao longo do percurso, assim como as perdas de carga localizadas, originadas por singularidades como válvulas, curvas, entre outros acessórios.

A pressão em cada ponto é obtida considerando as perdas de carga e a diferença de cotas entre o nó a montante e o nó a jusante de cada troço, o que num terreno descendente (entre plataformas), como o presente caso de estudo, representa sempre um ganho de pressões. No entanto, não era conhecida a altura de água presente no reservatório. De acordo com a informação obtida junto de oficiais de Engenharia que estiveram presentes na missão da UNIFIL, os seis reservatórios de 6000 l cada estavam ligados entre si, estando apenas um deles ligado ao sistema de distribuição de água. Esta informação, juntamente com o conhecimento da tipologia do reservatório e recorrendo à consulta de catálogos técnicos (Carberry Plastics, s.d; Tanksrus, s.d), possibilitou a que se considerasse uma altura de água de, aproximadamente, 2m.

A perda de carga contínua é dada pelo produto da perda de carga unitária, assinalada como J na fórmula de Manning-Strickler, presente na equação (5), pelo comprimento equivalente da tubagem. O comprimento equivalente corresponde a um incremento de 20% do comprimento de cada troço, simplificação essa que permite contabilizar, de forma aproximada, as perdas de carga localizadas, evitando a sua determinação exaustiva ao longo do percurso (Pedroso, 2008).

$$Q = K_S \times A \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \quad (5)$$

em que: Q – caudal (m<sup>3</sup>/s)

A – área da secção do escoamento (m<sup>2</sup>) que corresponde, no caso de um escoamento em pressão, à área interior da secção transversal da tubagem

K<sub>S</sub> – coeficiente de rugosidade (m<sup>1/3</sup>/s) - ver Tabela D.1, do Anexo D

R<sub>H</sub> – raio hidráulico (m), definido como o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado (R<sub>H</sub>=A/P), o que para um escoamento em seção cheia, corresponde a D/4.

J – perda de carga unitária (m/m)

Concluída a determinação de cada parcela é possível determinar a pressão em cada ponto, através da equação (6).

$$P_j = \Delta z_{i,j} - J_{i,j} \times 1,20 \times L_{i,j} \quad (6)$$

em que: P<sub>j</sub> – pressão no ponto j (m.c.a)

Δz<sub>i,j</sub> – diferença de cotas entre o ponto j e o ponto i (m)

J<sub>i,j</sub> – perda de carga unitária entre os pontos i e j (m/m)

L<sub>i,j</sub> – comprimento do troço entre os pontos i e j (m)

O material adotado para as canalizações foi o PEAD, não só por ser um dos materiais mais utilizados nos sistemas de abastecimento de água (Sousa e Marques, 2011), mas também pelo facto da sua instalação ser económica, devido à elevada resistência à corrosão e pelo baixo custo de manutenção (Pereira, 2011), duas características muito vantajosas para aplicações em campanha.

Depois de determinados todos os parâmetros relevantes, otimizou-se a solução, tentando satisfazer as limitações de velocidade e pressão recomendadas pelo RGSPDADAR 23/95, com o menor diâmetro possível, de que resultou a Tabela 6.5.3.

Como é possível verificar na mesma tabela, a pressão em cada instalação é inferior a 150 kPa ou 15 m.c.a (metros coluna de água), o que poderá provocar desconforto a quem utiliza a rede. Para solucionar este problema optou-se pela instalação de uma sobrepessora a montante da rede, com capacidade de fornecer 20 m.c.a ao sistema, atingindo assim o nível de conforto esperado ou em casos pontuais valores muito próximos a este.

Relativamente ao traçado da rede, deve adotar-se uma inclinação igual ou superior a 0,5% nas zonas das plataformas, visto que estes locais são aproximadamente planos. Os troços das plataformas devem ser sempre descendentes porque o troço de abastecimento neste local é sempre inferior a 300 m, não necessitando assim de um traçado alternadamente ascendente e descendente. Nos troços dispostos na estrada de acesso às plataformas, adotou-se a própria inclinação da estrada, que corresponde a cerca de 4,6%.

Tabela 6.5.3 - Dimensionamento da rede de distribuição de água do *UBIQUE Camp*.

Troço	$Q_{\text{acumulados}}$ (l/s)	$D_{\text{interior}}$ adotado (mm)	$U$ (m/s)	$K_s$ ( $\text{m}^{1/3} \text{s}^{-1}$ )	$A$ ( $\text{m}^2$ )	$R_H$ (m)	$J$ (m/m)	$L_{\text{troço}}$ (m)	Perda de carga no troço (m)	$\Delta$ (m)	Sem sobreprensa	Com sobreprensa	P final (m.c.a)
											P total (m.c.a)	P fornecida pela sobreprensa (m.c.a)	
N1-R1	11,60	90,0	1,82	125	0,0064	0,023	0,033	25,7	1,03	2,0	0,97	20,0	20,97
LAV-N1	1,20	32,6	1,44	125	0,0008	0,008	0,081	6,7	0,65	0,0	0,32	20,0	20,32
N2-N1	10,40	90,0	1,63	125	0,0064	0,023	0,027	28,6	0,92	0,0	0,04	20,0	20,04
IS-N2	8,10	73,6	1,90	125	0,0043	0,018	0,048	72,8	4,17	0,0	-4,13	20,0	15,87
N3-N2	2,30	40,8	1,76	125	0,0013	0,010	0,090	34,8	3,74	1,8	-1,94	20,0	18,06
M/C-N3	1,40	32,6	1,68	125	0,0008	0,008	0,110	7,9	1,04	0,0	-2,99	20,0	17,01
N4-N3	0,90	28,0	1,46	125	0,0006	0,007	0,102	39,5	4,84	1,8	-4,98	20,0	15,02
B/A-N4	0,35	28,0	0,57	125	0,0006	0,007	0,015	101,9	1,89	0,0	-6,87	20,0	13,13 <sup>38</sup>
N5-N4	0,55	32,6	0,66	125	0,0008	0,008	0,017	63,3	1,29	2,5	-3,77	20,0	16,23
E-N5	0,10	16,0	0,50	125	0,0002	0,004	0,025	77,1	2,31	0,0	-6,08	20,0	13,92 <sup>38</sup>
LL-N5	0,45	32,6	0,54	125	0,0008	0,008	0,011	79,3	1,08	0,0	-4,85	20,0	15,15

Em que:  $\Delta$  – variação de cotas entre nós

R1 – conjunto de 6 reservatórios de 6000 l cada

Lav – lavandaria

IS – contentor de instalações sanitárias (retretes + lavatórios + zona de banhos)

C/M – cozinha/messe

B/A – bar/área de lazer

E – enfermaria (tratamento médico)

LL – local de lavagem de viaturas

<sup>38</sup> O valor resultante do cálculo da pressão é ligeiramente inferior ao limite de conforto, no entanto o Bar/Área de lazer, assim como a Enfermaria são instalações cuja importância não confere a necessidade de um grande rigor de conforto. Em operação, frequentemente, estas instalações não são utilizadas durante todo o dia tal como, por exemplo, as Instalações Sanitárias.



Para complementar o estudo da rede de abastecimento de água também se realizou o dimensionamento do reservatório. Contrariamente a uma adutora urbana, o reservatório do presente caso de estudo não era alimentado por um sistema de captação de água, mas sim por autotanques sempre que necessário. Estava previsto que esse abastecimento decorresse numa base diária, pelo que se dimensionou o volume do reservatório de acordo com o volume de água necessário nesse período de tempo. No Anexo E é indicada a metodologia de cálculo do volume do reservatório.

Para dimensionamento do reservatório foram aplicadas as capitações médias recomendadas pela NATO (presentes no *Guide for Field Accommodation 2008*), à exceção da captação do bar/área de lazer e da captação necessária para as operações de construção. Para o bar/área de lazer considerou-se uma captação de 1500 litros diários, valor associado ao consumo em bares, cafés e similares com área inferior a 30 m<sup>2</sup> (Sousa e Marques, 2011). Como se trata de uma companhia de Engenharia e como esta exerce trabalhos de construção, aos quais também está associado um consumo de água, optou-se por considerar uma captação de 7,5 l/militar/dia, valor recomendado pelo *Water Planning Guide 2008* (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008). Foram adotadas, maioritariamente, as recomendações NATO porque esta é uma instituição na qual o Exército Português se insere, além de que estas fornecem valores de capitações conservativos quando comparadas com outras fontes militares<sup>39</sup>, e mitigam os efeitos do clima.

Para a determinação do volume do reservatório é ainda necessário identificar o número médio de militares que participará ao longo de toda a operação, que no presente caso de estudo corresponde a 141 militares (Cor Maio et al., 2012). Segundo as recomendações NATO (Makinen, 2008) e segundo Ministry of Defence (2008), para efeitos de dimensionamento das infraestruturas, a capacidade populacional do aquartelamento deve ser incrementada de 25% de forma a ter em conta a flutuação operacional, que traduz a possibilidade de aumento do número de militares durante a operação.

É também necessário saber o caudal que abastece a estação de limpeza de veículos, o que requer o conhecimento do número de veículos ligeiros e pesados utilizados na operação, já que o consumo de água para limpeza difere entre tipos de viaturas. Durante o período de ocupação do aquartelamento em estudo eram utilizados, em média, cerca de 31 veículos pesados e 34 veículos ligeiros (Cor Maio et al., 2012). O aquartelamento em questão era de uma unidade de Engenharia, o que justifica o grande número de veículos pesados, indicados essencialmente para a construção.

Na Tabela 6.5.4 apresentam-se, de forma resumida, as capitações médias associadas a cada instalação, consideradas no presente caso de estudo. Como os contentores utilizados para a função de instalações sanitárias continham retretes, lavatórios e zonas para duchas, optou-se por somar as capitações respetivas a cada função, dando origem a uma única captação.

---

<sup>39</sup> Fontes consideradas: Ministry of Defence (2005) e Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command (2008).

**Tabela 6.5.4 – Capitações consideradas no caso de estudo, no aquartelamento português do Líbano.**

	l/militar/dia	Quantidade	l/dia
Instalações Sanitárias	22,5	141 militares + 25% de flutuação	18946,0 l/dia
Lavandaria	20,0		
Tratamento médico	22,5		
Cozinha/messe	35,0		
Operações de construção	7,5		
Total = 107,5			

Consumo bar (l/dia)	1500,0	1 bar	1500,0 l/dia
Veículos pesados (l/veíc/dia)	20	31 veículos	620,0 l/dia
Veículos ligeiros (l/veíc/dia)	5	34 veículos	170 l/dia
Operações de Construção	7,5	141 militares+25% de flutuação	1321,8 l/dia

Total	22557,8 l/dia
	= 0,261 l/s

Também poderia ser reservado um volume de água destinado à extinção de incêndios, mas no planeamento de combate a incêndio do aquartelamento, os elementos que exercem esta função são os reservatórios atrelados e os extintores, colocados em posições estratégicas.

Sabendo que a capacidade existente era de seis reservatórios de 6000 l cada, ligados entre si, perfazendo um total de 36000 l (36 m<sup>3</sup>), foi possível concluir que este volume seria suficiente, segundo a metodologia adotada, para cerca de um dia e meio, caso o fornecimento de água pelos autotanques cessasse. Este resultado não apresenta qualquer segurança em campanha, pelo que bastaria um atraso ou um ataque ao fornecimento de água, para que algumas das funções básicas do aquartelamento que requeiram a utilização de água, fossem interrompidas. Assim recomenda-se que o reservatório tenha capacidade para, pelo menos, 7 dias de abastecimento, tempo suficiente para resolver uma possível situação de interrupção do abastecimento. A adoção deste período requer a uma análise qualitativa da água no fim dos 4 primeiros dias, dado o período de estagnação da mesma no reservatório.

Relativamente ao caso em estudo não foi possível saber se a metodologia adotada é semelhante à realizada no planeamento da operação da UNIFIL, pois esta não se encontra documentada.

### 6.5.2. Rede de Drenagem de Águas Residuais

A rede concebida para este caso de estudo é uma rede de águas residuais separativa doméstica, pelo que transporta apenas os resíduos provenientes das instalações sanitárias, lavandaria e cozinha/messe, não drenando portanto quaisquer águas pluviais. No aquartelamento realmente implantado, as águas residuais provenientes do bar/área de lazer e do local de lavagem de viaturas eram diretamente descarregadas no solo, através de uma canalização, para um local distanciado do aquartelamento, não sendo portanto consideradas no dimensionamento da rede. Todavia, esta abordagem não parece a melhor, dado que estes efluentes podem conter cargas poluentes (alguma matéria orgânica e eventuais hidrocarbonetos), pelo que se recomenda que, sempre que possível, sejam também drenados e conduzidos a tratamento adequado.

O traçado elaborado pelas forças militares, apresentava outra incorreção, nomeadamente quanto à localização das caixas de visita e pelo facto da enfermaria possuir rede de abastecimento de água mas não de drenagem. Optou-se então, neste caso de estudo, por estender a rede até à enfermaria e por colocar, sempre que possível, os coletores na berma da estrada de acesso às plataformas, de forma a reduzir as sobrecargas atuantes.

Assim, optou-se por considerar o traçado da rede apresentada a vermelho nas Figuras F.1 e F.2 do Anexo F (sugestão resultante da análise do caso de estudo) em vez do traçado a negro (realmente implementado no local).

Foram cumpridas as disposições regulamentares quanto à localização de câmaras de visita, designadamente:

- Na confluência de coletores.
- Nas cabeceiras de rede.
- Nos pontos de mudança de direção (em planta).
- Nos pontos de mudança de inclinação.
- Nos pontos de mudança de diâmetro.
- Nas quedas (desníveis bruscos).
- Nos alinhamentos retos, onde o afastamento máximo entre câmaras de visita consecutivas não deverá ultrapassar respetivamente 60 e 100 metros, conforme se trate, respetivamente, de coletores não visitáveis ou coletores visitáveis.

Optou-se por considerar as inclinações dos coletores semelhantes às do terreno, o que permitiu reduzir as operações de movimentação de terras, levando a uma solução mais económica. No entanto, só foi possível colocar em prática esta opção nos troços que não se situam nas plataformas, visto que estas são planas. Nessas situações adotaram-se inclinações de 1%, superiores ao mínimo regulamentar de 0,3% (RGSPDADAR 23/95), para aumentar a velocidade do escoamento, visto que os caudais são reduzidos face ao escoamento numa urbanização. Ainda assim, esta inclinação não se verifica prejudicial em termos de movimentações de terras, dado o reduzido comprimento dos coletores nas plataformas.

Para determinar o caudal de dimensionamento procedeu-se à identificação do caudal produzido por cada dispositivo (retretes, lavatórios, urinóis, torneiras e chuveiros), à semelhança do dimensionamento de uma rede predial de abastecimento de água. No entanto, com um coeficiente de simultaneidade igual à unidade, os caudais acumulados pelas instalações (cerca de 70 l/s) levariam a um dimensionamento muito conservativo, pelo que se adotou uma metodologia de dimensionamento equivalente à utilizada numa rede pública, abandonando a metodologia de dimensionamento predial.

A primeira fase de dimensionamento consiste na determinação do caudal médio, obtido pelo produto das capitações médias de cada instalação (indicadas no cálculo do dimensionamento do reservatório) pelo número de militares (afetado pelo coeficiente de flutuação operacional) e pelo coeficiente de afluência de 0,80<sup>40</sup>. Todavia, segundo o RGSPDADR 23/95, a rede de drenagem deve ser dimensionada para o caudal de ponta

---

<sup>40</sup> Fator que corresponde à percentagem de água proveniente da rede distribuição (80%) que afluí à rede de drenagem (Sousa e Marques, 2011).

instantâneo, pelo que o valor do caudal médio deve ser afetado pelo fator de ponta instantâneo, obtido pela equação (7).

$$F_h = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{Pop}} \quad (7)$$

Para o caso de estudo, o valor do fator de ponta instantâneo é superior a 5, pelo que a prática corrente, nesta situação, limitou o fator de ponta ao valor máximo de 5.

Ao caudal de ponta instantâneo deve ser acrescentado o caudal de infiltração, que depende fundamentalmente da extensão da rede de drenagem (em particular dos troços que possam estar abaixo do nível freático), da natureza e hidrogeologia do terreno e do estado de conservação dos coletores, das juntas e das câmaras de visita (Sousa, 2001). Uma vez que não se dispõe de dados experimentais locais ou de dados similares quanto ao caso de estudo, optou-se por considerar um caudal de infiltração igual ao caudal médio, conforme a indicação do RGSPDADAR 23/95.

Assim, o caudal de dimensionamento de cada troço é obtido através da equação (8).

$$Q_{dim} = Q_{médio} \times 1,25 \times F_h + Q_{infiltração} \text{ (l/s)} \quad (8)$$

Tal como numa rede de abastecimento de água, o dimensionamento da rede de drenagem baseia-se num método iterativo, em que é necessário arbitrar um diâmetro e proceder à verificação de parâmetros regulamentares associados às boas condições de funcionamento do sistema. Para isso recorreu-se aos critérios regulamentares estabelecidos no RGSPDADAR 23/95, que aqui se apresentam de forma sucinta:

- $D_{min}$  de 200 mm – diâmetro mínimo regulamentar.
- Velocidade máxima de 3 m/s – valor recomendado para coletores separativos domésticos.
- Velocidade mínima de 0,6 m/s – valor recomendado em coletores separativos domésticos para promover a auto-limpeza.
- Altura máxima (y) – a altura máxima da lâmina líquida deve corresponder a metade do diâmetro, para promover a ventilação dos coletores, evitando a formação de gases inflamáveis e maus cheiros.
- Inclinação máxima de 15% – grandes inclinações podem provocar, por ação do peso dos coletores e da água escoada, ou mesmo por ação do próprio escoamento, a abertura das juntas de ligação e eventual perda de estanqueidade.
- Inclinação mínima de 0,3% – valor recomendado devido à imprecisão das operações de movimentação de terras, assim como a possibilidade de assentamentos diferenciais que, no caso de um coletor com pouca inclinação, poderia torná-lo horizontal.

A equação aplicada a escoamentos em superfície livre que permite estudar o comportamento hidráulico da rede de drenagem é, geralmente, a equação de Manning-Strickler, enunciada anteriormente na equação (5). No entanto, contrariamente ao sistema de abastecimento de água, o escoamento não ocupa a totalidade do diâmetro interior, pelo que a resolução desta equação passa a requerer um processo iterativo. Seguiu-se o cálculo iterativo proposto por Quintela (2005), que considera o ângulo ao centro,  $\theta$  (radianos), conforme se descreve nas seguintes equações:

$$\theta + 1 = \operatorname{sen}\theta + 6,063 \times \left( \frac{Q}{K_s \sqrt{i}} \right)^{0,6} \times D^{-1,6} \times \theta^{0,4} \quad (9)$$

$$y = 0,5 \times \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) \times D \quad (10)$$

$$A = \frac{1}{8} \times (\theta - \operatorname{sen}\theta) \times D^2 \quad (11)$$

$$R_H = \frac{1}{4} \times \left( \frac{\theta - \operatorname{sen}\theta}{\theta} \right) \times D \quad (12)$$

$$\tau = 9800 \times \left( \frac{\theta - \operatorname{sen}\theta}{\theta} \right) \times \frac{D}{4} \times i \quad (13)$$

Adicionalmente à verificação das equações anteriores, deve proceder-se à verificação da velocidade em seção cheia, através da equação (4). Este procedimento deve-se ao facto de nem sempre ser possível assegurar a velocidade mínima num escoamento em superfície livre mas que, caso ocorra precipitação com alguma intensidade, a água entrará na rede provocando um escoamento em seção cheia. Caso a velocidade em seção cheia supere a velocidade mínima regulamentar, então considera-se garantida a auto-limpeza dos coletores.

Para o dimensionamento da rede de drenagem considerou-se a planta da rede, representada na Figura F.3, e os perfis longitudinais esquemáticos, representados na Figura F.4 do Anexo F. Esta última figura é esquemática visto que os dados completos de análise topográfica do terreno não se encontram disponíveis.

A Tabela 6.5.5 apresenta a metodologia de cálculo adotada para o caso de estudo da rede do *UBIQUE Camp*, tendo-se verificado que o diâmetro considerado,  $\phi 200$  mm, satisfaz os limites regulamentares.

**Tabela 6.5.5 - Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais do aquartelamento de campanha *UBIQUE Camp*.**

Troço	Q <sub>médio</sub> (l/s)	Q <sub>inf</sub> (l/s)	Q <sub>dim</sub> (l/s)	D (m)	L <sub>troço</sub> (m)	$\Delta$ (m)	i terreno	i coletor	y (m)	A (m <sup>2</sup> )	y/D	U (m/s)	Q <sub>sc</sub> (l/s)	V <sub>sc</sub> (m/s)
IS-N1	0,029	0,029	0,21	0,20	14,3	0	0,0%	1,0%	0,011	0,0007	0,05	0,31	36,24	1,15
N1-N3	0,029	0,029	0,21	0,20	9,3	0	0,0%	1,0%	0,011	0,0007	0,05	0,31	36,24	1,15
Lav-N2	0,026	0,026	0,19	0,20	21,7	0	0,0%	1,0%	0,010	0,0006	0,05	0,30	36,24	1,15
N2-N3	0,026	0,026	0,19	0,20	1,75	0	0,0%	1,0%	0,010	0,0006	0,05	0,30	36,24	1,15
N3-N4	0,055	0,055	0,40	0,20	27,56	0,86	3,1%	2,3%	0,012	0,0008	0,06	0,51	54,96	1,75
N4-N6	0,055	0,055	0,40	0,20	45,9	2,11	4,6%	5,1%	0,010	0,0006	0,05	0,67	81,85	2,61
C/M-N5	0,046	0,046	0,33	0,20	19,12	0	0,0%	1,0%	0,014	0,0009	0,07	0,36	36,24	1,15
N5-N6	0,046	0,046	0,33	0,20	18,4	0,46	2,5%	2,0%	0,012	0,0007	0,06	0,46	51,25	1,63
N6-N7	0,101	0,101	0,73	0,20	31,28	1,44	4,6%	3,9%	0,014	0,0010	0,07	0,74	71,57	2,28
N7-N10	0,101	0,101	0,73	0,20	25,1	1,15	4,6%	5,0%	0,013	0,0009	0,07	0,80	81,04	2,58
E-N8	0,029	0,029	0,21	0,20	6,4	0	0,0%	1,0%	0,011	0,0007	0,06	0,31	36,24	1,15
N8-N9	0,029	0,029	0,21	0,20	84	0	0,0%	1,0%	0,011	0,0007	0,06	0,31	36,24	1,15
N9-N10	0,029	0,029	0,21	0,20	2,4	0	0,0%	1,0%	0,011	0,0007	0,06	0,31	36,24	1,15
N10-N11	0,131	0,131	0,95	0,20	40,87	1,50	3,7%	2,1%	0,019	0,0015	0,09	0,64	52,52	1,67

Em que:  $\Delta$  – Variação de cotas entre nós

IS – Instalações Sanitárias

Lav – Lavandaria

C/M – Cozinha/Messe

E - Enfermaria

### 6.5.3. Órgãos de tratamento

O órgão de tratamento primário implementado no local foi uma fossa séptica, o que face ao número de militares existentes no aquartelamento de campanha do Líbano representa uma boa solução, visto que esta é aplicável a pequenos aglomerados populacionais.

A solução não apresentava, no entanto, nenhum órgão de tratamento complementar a jusante, o que é geralmente recomendado com o objetivo de melhorar a qualidade do efluente proveniente da fossa séptica (Ministry of Defence, 2005; Ministry of Defence, 2008; Headquarters, Department of the Army, 2013; Pedroso, 2008; Morais, 1977; Bartolomeu, 1996).

Para efeitos do caso de estudo optou-se por dimensionar uma fossa séptica com 3 compartimentos, configuração suficiente para um aquartelamento de 141 militares, segundo Morais (1977). No dimensionamento considerou-se uma capitação de 100 l/militar/dia, valor que corresponde à soma das capitações médias das instalações ligadas à rede de drenagem (indicadas no cálculo de dimensionamento do reservatório, no subcapítulo anterior) sem a adição do volume referente às operações de construção, afetadas pelo coeficiente de afluência (0,80) e pelo fator de flutuação operacional (1,25). O tempo entre limpezas considerado no dimensionamento da fossa séptica foi de 180 dias<sup>41</sup>, valor inferior aos 720 dias recomendados (Morais, 1977; Bartolomeu, 1996; Pedroso, 2008), mas que representa, geralmente, a duração de uma operação militar.

A Tabela 6.5.6 apresenta o resultado do dimensionamento da fossa séptica, do qual se pode concluir que o volume necessário para o tratamento primário das águas residuais produzidas no aquartelamento seria de, aproximadamente, 32,4 m<sup>3</sup>, segundo a equação (3) anteriormente apresentada, o que representa um volume cerca de 3,2 vezes inferior ao volume da fossa implementada no local.

**Tabela 6.5.6 – Dimensionamento da fossa séptica referente ao caso de estudo, segundo Morais (1977) e Bartolomeu (1996).**

Capitação (l/militar/dia)	100
População média	141
Capitação lamas frescas (l/militar/dia)	0,45
Capitação lamas digeridas (l/militar/dia)	0,11
Tempo de retenção (pop até 500 militares) dias	2
Tempo entre limpezas (dias)	180
Tempo digestão de lamas (dias)	60
Volume útil (m <sup>3</sup> )	32,4

Segundo os relatos de oficiais que estiveram presentes na missão do Líbano, a fossa existente no local (4 compartimentos, 105m<sup>3</sup>) era limpa semanalmente ou, por vezes, mais do que uma vez por semana, facto que era inexplicável face à capacidade da fossa. Assim sendo, procurou-se encontrar uma explicação para o ocorrido.

Através dos mesmos relatos foi possível entender que o efluente da fossa séptica era encaminhado através de uma conduta para fora do aquartelamento e descarregado diretamente no terreno. Além disso, é conhecido que o terreno do local é maioritariamente argiloso ou maciço rochoso (ou seja, com pouca permeabilidade), o que levou a que fosse estudada a possibilidade do efluente não estar a infiltrar-se no terreno, sobrecarregando a

<sup>41</sup> Tempo mínimo entre limpezas (Pedroso, 2008).

fossa séptica. Considerando esta hipótese, a fossa séptica funcionaria de forma semelhante a um reservatório, o que conduziu a que fosse determinado o número de dias necessários para que as águas residuais ocupassem o volume total da fossa existente no local (ver Tabela 6.5.7) e a comparar este resultado com o sucedido durante a operação militar em estudo.

**Tabela 6.5.7 – Cálculo do volume da fossa séptica para uma situação em que não existe descarregamento do efluente.**

Capitação (l/militar/dia)	80
População média	141
tempo de retenção (dias)	9
tempo entre limpezas (dias)	9
Volume útil (m³)	101,5

Importa referir, que para avaliar a situação de uma possível obstrução a jusante da fossa séptica e comparar os resultados obtidos com o sucedido durante a operação, considerou-se apenas o número de militares existentes na operação e por isso não se considerou, no valor da capitação, o fator de flutuação operacional.

No mesmo cálculo considerou-se apenas o volume ocupado pelas águas residuais, não se considerando o volume ocupado pelas lamas digeridas ou em digestão. Ainda assim, e igualando o tempo de retenção a 9 dias, foi possível verificar que a capacidade da fossa foi aproximadamente excedida, o que poderá justificar a frequência excessiva de limpezas necessárias na fossa existente no Líbano, confirmando o relato dos oficiais que estiveram presentes no local.

Dada a possibilidade de entupimento a jusante da fossa séptica recomenda-se que seja adotado, para fins de campanha, no cálculo do volume útil da fossa séptica, um coeficiente de segurança de 3,5. Esta medida permitirá que a fossa suporte a receção de águas residuais pelo menos durante uma semana, tempo suficiente para que o problema seja detetado e reparado. Assim sendo, propõe-se na Tabela 6.5.8, as dimensões necessárias à conceção de fossas sépticas, seguindo o modelo de fossa séptica indicado nas Figuras F.5 e F.6 do Anexo F. Para a realização desta tabela considerou-se uma capitação de águas residuais de 100 l/militar/dia e um fator de segurança de 3,5. Segundo a recomendação proposta, a fossa séptica para o caso de estudo seria dimensionada para um aquartelamento de 150 militares, o que conduziria a um volume útil de 120 m³.

**Tabela 6.5.8 – Dimensionamento da fossa séptica conforme o número de militares/escalão tático e considerando um fator de segurança de 3,5.**

Escalão Tático	Nº Militares	Volume de cálculo (m³)	Volume Recomendado (m³)	Comprimentos Standard		Largura Standard l (m)	Altura do líquido al (m)	Septos		
				C1 (m)	C2 (m)			a1 (m)	a2 (m)	a3 (m)
Companhia	100	23,0	80,0	6,5	3,2	3,0	2,0	0,3	0,7	0,9
	150	34,5	120,0	7,9	3,9	3,9	2,0		0,7	
Batalhão	200	46,0	160,0	9,1	4,5	4,5	2,0		0,7	1,0
	300	69,0	240,0	11,1	5,5	5,5	2,0		0,8	
	400	92,0	320,0	12,7	6,3	6,3	2,0		0,9	
	500	115,0	400,0	14,3	7,1	7,1	2,0		0,9	
	>500	Não Aplicável								

Procedeu-se ainda ao dimensionamento de dois órgãos de tratamento complementares à fossa séptica, no entanto, e já que o solo local é pouco permeável, seria necessário que se adotassem grandes dimensões para os elementos que dependam da percolação do solo, como as trincheiras e poços de infiltração, abandonando assim a hipótese de implementação destes elementos.

As trincheiras filtrantes também são uma solução possível, embora para um aquartelamento de aproximadamente 150 militares levaria à construção de cerca de 16 trincheiras, cada uma com 22,5 metros, o que seria complexo, moroso e levaria a uma grande necessidade de espaço. Ainda assim, para acelerar o processo de dimensionamento em situações futuras, noutros teatros de operações, realizou-se na Tabela 6.5.9 a correspondência do número de trincheiras filtrantes necessários, consoante o escalão tático destacado.

**Tabela 6.5.9 – Dimensionamento de trincheiras filtrantes consoante o número de militares/escalão tático.**

Escalão Tático	Nº Homens	Área de fundo da Trincheira (m²)	Largura de Trincheira (m)	Comprimento total necessário de trincheira (m)	Comprimento de cada trincheira (m)	Nº de Trincheiras
Companhia	100	250	0,9	278	23	12
	150	375	0,9	417	23	16
	200	500	0,9	556	23	24
Batalhão	300	750	0,9	833	23	32
	400	1000	0,9	1111	23	44
	500	1250	0,9	1389	23	56

As plataformas de evapotranspiração seriam uma solução que resolveria o problema da reduzida permeabilidade no solo, mas a área ocupada por estes elementos pode chegar a ser quatro vezes superior à resultante do cálculo de dimensionamento (Bartolomeu, 1996), o que é desvantajoso em contexto operacional, visto que o terreno se encontra geralmente delimitado pelas organizações que solicitaram o empenhamento da força militar. Esta solução é também dispendiosa pela necessidade de impermeabilizar o fundo da plataforma.

Assim sendo, conclui-se que a solução mais adequada ao presente caso de estudo seria um aterro filtrante, semelhante ao representado nas Figuras B.8 e B.9, no Anexo B. À semelhança do que foi realizado com a fossa séptica optou-se por estender o cálculo para vários escalões táticos (ver Tabela 6.5.10), contribuindo assim para agilizar o dimensionamento em situações futuras. Para este caso de estudo deveriam ser adotadas as dimensões do aterro referentes a uma companhia com 150 militares.

**Tabela 6.5.10 - Dimensionamento do aterro filtrante consoante o número de militares/escalão tático.**

Escalão Tático	Nº Homens	Área do plano de distribuição do aterro (m²)	Dimensões (m) referentes ao modelo da Figura B. 8 do Anexo B			
			A	B	C	D
Companhia	100	250,0	8,3	30,0	11,3	33,0
	150	375,0	12,5	30,0	15,5	33,0
	200	500,0	16,7	30,0	19,7	33,0
Batalhão	300	750,0	25,0	30,0	28,0	33,0
	400	1000,0	26,3	38,0	29,3	41,0
	500	1250,0	33,0	38,0	36,0	41,0



## 7. Considerações Finais

A presente dissertação aborda a temática do saneamento em contexto militar de campanha, pretendendo contribuir para a colmatação da ausência de documentação existente no Exército Português referente a este tema. A necessidade de construção de um aquartelamento para acomodar uma força nacional destacada requer um planeamento detalhado, levado a cabo pela Engenharia Militar, que permitirá avaliar todas as condicionantes locais antes da conceção e implementação do aquartelamento.

A água é um recurso essencial não só para a sobrevivência humana, mas também fundamental para a sustentabilidade e eficácia em combate de uma força militar, o que dá ênfase à importância da proximidade do aquartelamento relativamente a uma fonte de água, sempre que possível, sob ponto de vista operacional. O planeamento do abastecimento de água consiste na identificação das necessidades de água de um aquartelamento, distinguindo-se em que funções esta deve apresentar características de uma água potável e considerando os fatores que poderão provocar alterações no consumo, numa situação de campanha, tais como o efetivo da força, as características da mesma, o clima, o ambiente operacional e o tempo de permanência.

Face ao histórico das operações militares portuguesas e norte-americanas, é possível verificar que a água engarrafada é um recurso que tem vindo a ser bastante utilizado, mas que apresenta algumas desvantagens sob ponto de vista operacional e económico. Por sua vez, o sistema de abastecimento de água através de furos profundos no teatro de operações é apontado como sendo o mais rentável e sustentável, além de que o nível de contaminação biológica e química das águas subterrâneas esperado para este sistema é geralmente baixo e não apresenta uma grande variação com a sazonalidade, o que é benéfico para aplicação em campanha.

A drenagem e tratamento de águas residuais deve assumir um papel fundamental no planeamento do aquartelamento, pois uma drenagem deficiente pode comprometer a saúde dos militares e consequentemente o sucesso da operação. Assim, sugere-se ainda uma metodologia de planeamento que integre as principais condicionantes presentes nas situações de campanha. Na fase inicial do planeamento da drenagem de águas residuais no aquartelamento que será implantado no teatro de operações é essencial recolher todas as informações disponíveis acerca da missão, inimigo, clima, apoio disponível e considerações de natureza civil, fatores que poderão influenciar a decisão por uma determinada solução. Caso já exista uma rede de drenagem local e o aquartelamento possa ser ligado à mesma, sem comprometer a operação, deverá ser estimado o caudal produzido pelo aquartelamento, para averiguar se a rede de drenagem tem capacidade para receber as águas residuais provenientes do aquartelamento. Por outro lado, se não existir uma rede de drenagem no teatro de operações, é necessário averiguar se a força tem capacidade para executar uma rede independente, e órgãos de tratamento de águas residuais necessários, de forma a não infringir nenhuma norma ambiental. Assim, são também apresentadas nesta dissertação de mestrado várias soluções possíveis de aplicar em campanha.

Para colocar em prática o conteúdo desta dissertação foi desenvolvido um caso de estudo relacionado com o aquartelamento militar construído na operação militar do Líbano. Procedeu-se inicialmente ao levantamento de informações, como as características das fontes de abastecimento de água e do nível de saneamento do país, que poderiam influenciar a escolha da localização do aquartelamento.

O local selecionado pelo Exército Português e pela ONU para implantação do aquartelamento foi Shama, no qual foi necessária a construção de uma rede de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. Para

que esta dissertação possa servir como guia para operações futuras foi realizado o dimensionamento das mesmas, de forma a ser possível a comparação entre o que seria idealmente realizado e o que foi implantado no local.

Apesar de não existirem informações quanto ao dimensionamento do reservatório, determinou-se o número de dias que o reservatório instalado no local ( $36 \text{ m}^3$ ) seria capaz de fornecer o aquartelamento, tendo-se obtido um resultado de 1,5 dias, caso o fornecimento cessasse. O resultado obtido representa pouca segurança, pelo que se recomenda que a capacidade de um reservatório de campanha seja de pelo menos 7 dias de abastecimento, para prevenir a falha completa do sistema de abastecimento, em caso de interrupção do fornecimento, e para que seja possível solucionar o problema em tempo útil.

Como só se dispunha do traçado e diâmetros da rede de drenagem, só foi possível comparar o dimensionamento realizado com esta rede, tendo-se chegado à conclusão que seria possível que todos os coletores instalados tivessem um diâmetro de 200 mm, visto ser esse o mínimo regulamentar e porque a uniformização da rede constitui uma alternativa mais económica e fácil de instalar.

Ainda neste caso de estudo foi realizado o dimensionamento da fossa séptica necessária para realizar o tratamento primário das águas residuais geradas pelo aquartelamento, no qual se obteve, considerando um tempo entre limpezas de 180 dias, um volume cerca de 3,5 vezes inferior ao implementado no local. Pelo relato de oficiais presentes na missão sabe-se que o tempo entre limpezas era cerca de uma semana, o que levou a que fosse questionada a eventual obstrução da canalização a jusante da fossa. Assim, realizou-se o cálculo do número de dias que esta suportaria receber as águas residuais, sem escoar qualquer efluente, do que resultou cerca de 9 dias, o que vai de encontro ao relatado pelos oficiais. Para prevenir este tipo de situações, recomenda-se que deve ser aplicado um coeficiente de segurança de 3,5 no dimensionamento do volume útil da fossa séptica, em situações de campanha, de forma a assegurar o período de pelo menos uma semana até que a fossa totalize a sua capacidade, garantindo tempo suficiente para deteção e reparação do problema.

A solução implementada no aquartelamento não previa qualquer tratamento do efluente proveniente da fossa séptica, sendo que este era transportado para fora do aquartelamento e diretamente para o terreno, o que pode provocar um impacto ambiental nocivo. Para colmatar este problema analisou-se qual seria o órgão de tratamento complementar à fossa séptica mais eficiente e adequado ao contexto militar, tendo em conta o tipo de solo existente (solo rochoso e argiloso), de que resultou a opção por um aterro filtrante, tendo-se ainda procedido ao seu dimensionamento.

Na análise do caso de estudo considerou-se optou-se por comparar a solução de drenagem de águas residuais domésticas face à implementada no local, mas considera-se que poderia ser vantajoso que, em determinadas situações, se adotasse uma rede que separe a componente de águas negras e águas cinzentas. Essa separação possibilitaria o reaproveitamento de águas cinzentas em sistemas de utilização de água não potável, como por exemplo uma estação de lavagem automática. Além disso, considera-se que seria também interessante o desenvolvimento de uma solução para reaproveitamento das águas pluviais para a mesma aplicação.

## Referências Bibliográficas

- Ahmed, Shahzada Irfan, *Grounded hazard*, disponível em <http://jang.com.pk/thenews/nov2013-weekly/nos-24-11-2013/she.htm>, acessado em 2 Maio 2015, 2013
- AMedP-4.9, *Requirements for Water Potability During Field Operations and in Emergency Situations*, edição A, versão 1, 2013, s.l: NATO Standardization Agency
- Anteprojetos, Poço de Infiltração, disponível em <http://www.anteprojectos.com.pt/2012/03/02/edificio/>, acessado em 3 Julho 2015, 2002
- Bartolomeu, Fernando Azenha, *Tecnologias de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais Apropriadas a Pequenos Aglomerados até 5000 Habitantes*, Dissertação de mestrado, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 1996
- Bowling, Curtis, Lavonen, Eero, LtGen Salestrand, Jan, *Environmental Guidebook For Military Operations*, U.S.A, 2008
- Carberry Plastics, 6000 Litre Vertical, disponível em <http://www.carberypastics.com/products.php?sec=Water-Tanks&cat=Potable-Water-Tanks&prod=6000-Litre-Potable-Water-Tank>, acessado em 8 Julho 2015, s.d
- CDR, Digital elevation (relief) model of Lebanon, disponível em <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/lebanon/lebanon.html>, acessado em 27 Maio 2015, 2004
- Central Intelligence Agency, Lebanon, disponível em <http://www.eoearth.org/view/article/172210/>, acessado em 10 Maio 2015, 2011
- Darwish, Ali, Water as a human right: Assessment of water resources and water sector in Lebanon, Nº11 Supplement 3, Setembro, Líbano, 2004
- Department of Defence, *Unified Facilities Criteria (UFC) 3-240-032: Domestic Wastewater Treatment*, 2012
- Department of Geography, University of Oregon, *NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies*, disponível em [http://geog.uoregon.edu/envchange/clim\\_animations/flash/tmp2m.html](http://geog.uoregon.edu/envchange/clim_animations/flash/tmp2m.html), acessado em 2 Maio 2015, 2010
- Dias, João Alveirinho, Glossário das Zonas costeiras, disponível em <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/aguasalobra.html>, acessado em 23 de Abril 2015, s.d.
- Dumpsters of Ann Arbor, disponível em <http://www.dumpsterrentalannarbor.net/porta-potty-rental.html>, acessado em 15 Abril 2015, s.d.
- El-Jisr, Karim, Chabarekh, Caprícia, National Report to the United Nations Conference of Development (Rio+20), República do Líbano, 2012
- EMWIS (Euro-Mediterranean Information System on Know-How in the Water Sector), *Local Water Supply, Sanitation and Sewage Country Report Lebanon*, 2005
- Finabel Coordinating Committee, *Water Supply on Operations*, G.24.R, 2007
- Finabel Coordinating Committee, *Field Camps of Forces Deployed on Operations: Harmonisation of Selection Criteria for Sites and Improvement of Their Protection*, G.27.R, 2009
- Finabel Coordinating Committee, *Doctrine and Solutions for Field Accommodations up to Fixed Installations*, MAN.2R, 2012

Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, *Water Planning Guide: Potable Water Consumption Planning Factors By Environmental Region and Command Level*, 23801-1809, 2008

FUNASA, *Manual de Saneamento: Orientações Técnicas*, 3ª edição, ISBN: 85-7346-045-8, Brasília, 2006

Headquarters, Department of the Army, *TM 4-25.12: Unit Field Sanitation Team*, 2002

Headquarters, Department of the Army, *TB MED 577: Sanitary Control and Surveillance of Field Water Supplies*, 2005

Headquarters, Department of the Army, *FM 3-34.400: General Engineering*, 2008

Headquarters, Department of the Army, *FM 10-52: Water Supply in Theaters of Operations*, 1990

Headquarters, Department of the Army, *FM 10-52-1: Water Supply Equipment and Operations*, 1991

Headquarters, Department of the Army and Air Force, *TBMED 507 Heat Stress Control and Heat Casualty Management*, 2003

Headquarters, Department of the Army, Navy, and Air Force, *TB MED 577/ NAVMED P-5010-10/AFMAN 48-138\_IP: Sanitary Control and Surveillance of Field Water Supplies*, 2010

Headquarters, Department of the Army, *FM 3-34.471: Plumbing, Pipe Fitting and Sewerage*, 2001

Headquarters, Department of the Army, *TM 3-34.56: Waste Management for Deployed Forces*, 2013

Imari, modular package wastewater treatment plants, disponível em, <http://www.imaritech.com/>

, acessado em 19 Junho 2015, 2015

Instituto de Altos Estudos Militares, *Operações de Engenharia*, ME -20-63-12, volume I, 2003

Joint Chiefs of Staff, *JP 4-03: Joint Bulk Petroleum and Water Doctrine*, 2010

Jr. Arlindo, Malheiros Tadeu, *Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável*, Manole Ltda., São Paulo, 2005

Sgt Aj Leal Fernando, *A Guerra Irregular – A Conspiração do Silêncio no séc. XXI*, Revista Militar Agosto/Setembro de 2011

Cor Maio, Hermínio, TCor Fernandes, Monteiro, TCor Pires, Manuel, TCor Couto, Vale, TCor, Almeida, João, TCor Costa, Martins, . . ., Sch Pio, Carlos, *Ao Serviço da Paz: A Engenharia Militar Portuguesa na UNIFIL*, Tancos, 2012

Maj Dias, Sidónio, Cap Malta, Fernando, Ten Dias, Sílvia, Ten Leal, Pedro, 1Sar Neto, Élio, 1Sar Mateus, Sandra, . . ., 2Sar Costa, António, *Unidade de Engenharia 6*, 2010

Makinen, E., *Land Capability Group7 on Battlefield Mobility and Engineer Support: NATO Guide for Field Accommodation*, 2008

Metcalf & Eddy, Inc, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4ª edição, McGraw Hill, ISBN: 007-124140-X, Nova Iorque, 2004

Ministério da Defesa Nacional, *Exército Português: PDE 3-00 Operações*, 2012

Ministry of Defence, *Joint Service Publication 539 Climatic Illness and Injury in the Armed Forces: Force Protection and Medical Treatment*, versão 2.4, 2014

Ministry of Defence, *Joint Tactics, Techniques and Procedures 4-05: Operational Infrastructure*, 2ª edição, 2012

- Ministry of Defence, *Operational Accommodation*, número 71867, volume VII, 2008
- Ministry of Environment, *Lebanon State of the Environment Report*, 2001
- Ministry of Social Affairs, *Development of Mapping of Living Conditions in Lebanon 1995-2004*, 2007
- MOE/UNDP/ECODIT, *State and Trends of the Lebanese Environment*, 2011
- Monteiro, António J., Bartolomeu, Fernando A., *8 Encontro Nacional de Saneamento Básico: Comunicações dos Temas Gerais Barcelos 27 a 30 Outubro*, Lisboa, 1998
- Morais, Á. Q. d., *Depuração dos Esgotos Domésticos dos Pequenos Aglomerados Populacionais e Habitações Isoladas*, 2ª Edição, Lisboa, 1977
- National Defence, *Engineer Field Manual: Accommodation, Instalations and Engineer Services*, volume 12, 2005
- National Health Statistics Report in Lebanon, 2012
- NATO, *Planning an Environmental Management System (EMS) for NATO LED Military Activities*, versão 3, 2008
- NATO Standard AJP 3.4.9, *Allied Joint Doctrine For Civil-Military Cooperation*, edição A, versão 5, 2013
- NATO, Backgrounder: Interoperability for joint operations, disponível em [http://www.nato.int/nato\\_static/assets/pdf/pdf\\_publications/20120116\\_interoperability-en.pdf](http://www.nato.int/nato_static/assets/pdf/pdf_publications/20120116_interoperability-en.pdf), acedido em 12 Abril 2015, 2006
- Pedroso, Vitor M. R., *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*, 4ª edição, ISBN: 978-972-49-1849-5, Lisboa, LNEC, 2008
- Pereira, Marco André Guerra, *Análise Técnico-Económica dos Diferentes Tipos de Tubagens e Acessórios Utilizados nas Instalações Prediais de Água e Esgotos. Um caso de Estudo*, Dissertação de mestrado, Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011
- Quintela, A. C., *Hidráulica*, 9ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2005
- Ramôa, Ana Caldeira, *Contribuição para a evolução do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais em áreas peri-urbanas dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa*, Dissertação de mestrado, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010
- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais – Decreto Regulamentar n.º 23/95, 23 de Agosto, 1995
- SEDAC, Lebanon: Population Density, disponível em <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/grump-v1-population-density/maps?facets=region:asia>, acedido em 29 Maio 2015, 2000
- STANAG 2885 MILENG, *Emergency Supply of Water in Operations*, edição 5, s.l.: NATO Standardization Agency, 2010
- Sousa, Joaquim J. O., Marques, J. A. Almeida de Sá, *Hidráulica Urbana: Sistemas de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais*, 3ª edição, Coimbra, 2011
- Sousa, Eduardo Ribeiro, *Saneamento Ambiental I: Concepção de Sistemas de Drenagem*, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Seção Hidráulica e dos Recursos Hídricos e Ambientais, IST, Setembro, 2001
- Stephen Maloney, W Smith Edgar, Hay K., Gerdes Gary, Kinnevan Kurt, K. James L., e Anderson H., U.S. Army Coprs of Engineers: *Baseline Water Demand at Forward Operating Bases*, 2013

Strategic Environmental Research and Development Program (SERDP), *Sustainable Forward Operating Bases*, s.l: noblis, 2010

Tanksrus, *6000 Litre Vertical Tank*, disponível em <http://www.tanksrus.co.uk/6000-litre-vertical-tank-2758-p.asp>, acessado em 8 Junho, s.d, 2015

The World Bank Group, Average Monthly Temperature and Rainfall for Lebanon from 1990-2009, disponível em [http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country\\_historical\\_climate&ThisRegion=Middle%20East&ThisCCode=LBN](http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Middle%20East&ThisCCode=LBN), acessado em 3 Junho, 2015, 2015

UNENG1, Unidade de Engenharia 1: *Forças Nacionais Destacadas, United Nations Interim Force in Lebanon*, Santa Margarida, 2007

UNESCWA, *Water in Lebanon Strategic Management Data National Assessment Matrix*, 2012

US Army Corps of Engineers, *EP 1105-3-1: Base Camp Development in Theater of Operations*, 2009

WHO (World Health Organization), Chloride in Drinking-water: Background document for development WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2003

WHO, *Nitrate and nitrite in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, 2011

World Bank, *Lebanon Social Impact Analysis - Electricity and Water Sectors*, Nº 48993-LB, 18 de Junho, 2009

World Bank, *Republic of Lebanon Water Sector: Public Expenditure Review*, Nº 52024-LB, 17 de Maio, 2010

Anexos

## Anexo A

Variação das capitações (higiene pessoal, confeção de alimentos, tratamento de lesões por calor, manutenção de veículos) consoante o clima do teatro de operações

**Tabela A. 1 – Capitações consoante o clima do teatro de operações, para um ambiente operacional convencional (adaptada de Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).**

Função		Capitação (l/militar/dia)							
		Tropical		Árido		Temperado		Ártico	
		Sustentação	Mínimo	Sustentação	Mínimo	Sustentação	Mínimo	Sustentação	Mínimo
Higiene pessoal	Beber	12,49	12,49	12,49	12,49	6,25	6,25	8,33	8,33
	Lavar os dentes 3 vezes/dia	0,83	NA	0,83	NA	0,83	NA	0,83	NA
	Lavar os dentes 1 vez/dia	NA	0,30	NA	0,30	NA	0,30	NA	0,30
	Desfazer a barba	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Lavar as mãos 6 vezes/dia	3,14	NA	3,14	NA	3,14	NA	3,14	NA
	Lavar as mãos 3 vezes/dia	NA	1,59	N	1,59	NA	1,59	NA	1,59
	Banho de esponja 5 vezes/dia	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Confeção de alimentos	Refeição individual	0,53	1,63	0,53	1,63	0,53	1,63	0,53	1,63
	Refeição em grupo	6,74	NA	6,74	NA	6,74	NA	6,74	NA
Tratamento de lesões por calor		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Manutenção de veículos		1,36	1,36	1,36	1,36	0,72	0,72	0,72	0,72
Total de água não potável		1,36	1,36	NA	NA	0,72	0,72	0,72	0,72
Total de água potável		26,16	18,43	27,52	19,80	19,91	12,19	21,99	14,27
Total		27,52	19,80	27,52	19,80	20,63	12,91	22,71	14,99

em que: NA – Não Aplicável



## Anexo B

### Concepção de órgãos de infiltração

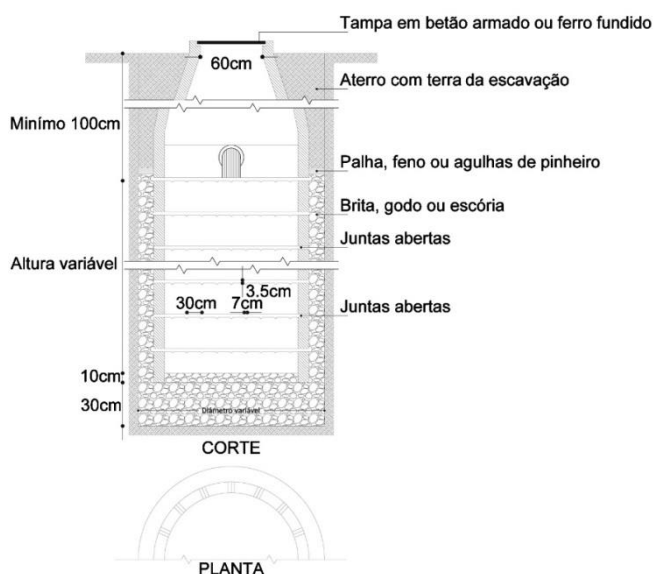


Figura B. 1 – Pormenorização de um poço de infiltração (fonte: Anteprojectos, 2002)

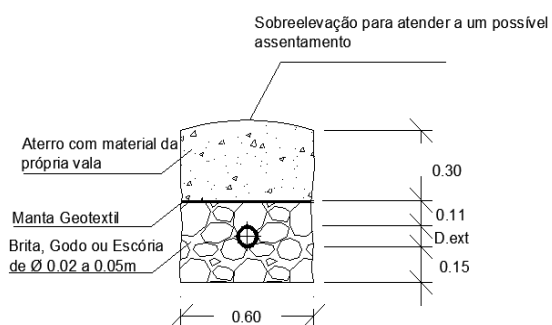


Figura B. 2 – Corte de uma trincheira de infiltração, (adaptada de Bartolomeu, 1996).

Campânulas Simplesmente Emboquilhadas

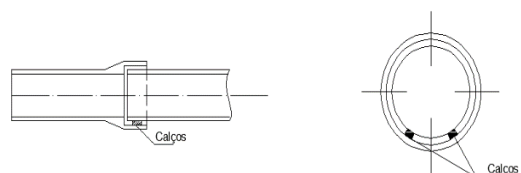


Figura B. 3 – Pormenorização das campânulas de uma trincheira de infiltração (adaptada de Bartolomeu, 1996).

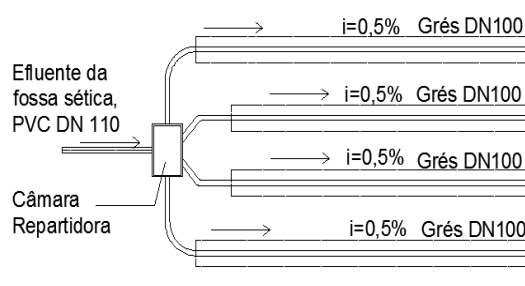


Figura B. 4 – Planta de uma solução de trincheiras de infiltração (adaptada de Morais, 1977).

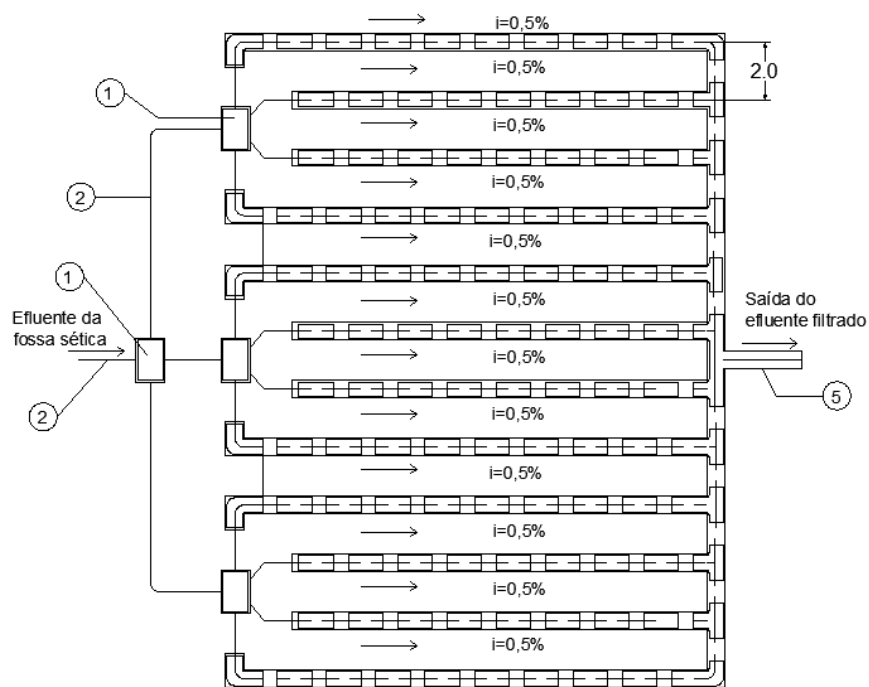


Figura B. 5 – Planta de uma solução de trincheiras filtrantes (adaptada de Bartolomeu, 1996).

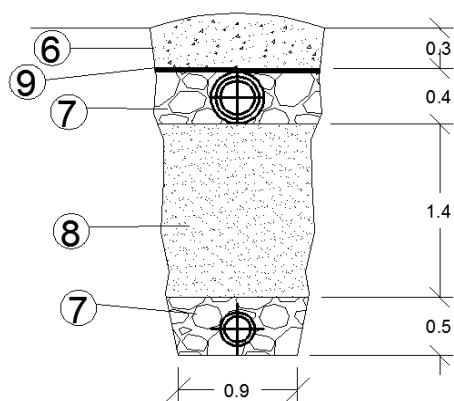


Figura B. 6 – Corte transversal de uma solução de trincheiras filtrantes (adaptada de Bartolomeu, 1996).

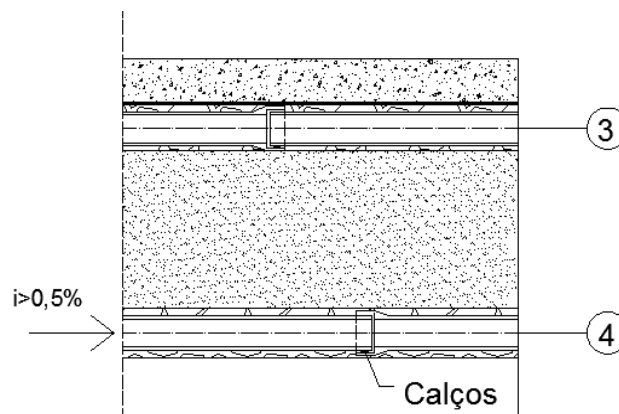


Figura B. 7 – Corte transversal de uma solução de trincheiras de infiltração (adaptada de Bartolomeu, 1996).

Em que:

- 1 – Câmaras Repartidoras
- 2 – Tubagem de Distribuição – PVC DN 110
- 3 – Tubagem de Distribuição – Grés DN 100
- 4 – Tubagem de Recolha - Grés DN 100

- 5 – Tubagem de Recolha - PVC DN 110
- 6 – Aterro com material da própria vala
- 7 – Brita, gravilha ou escória de 0,02 a 0,05m
- 8 – Areia grossa de diâmetro de 0,5mm
- 9 – Manta geotêxtil

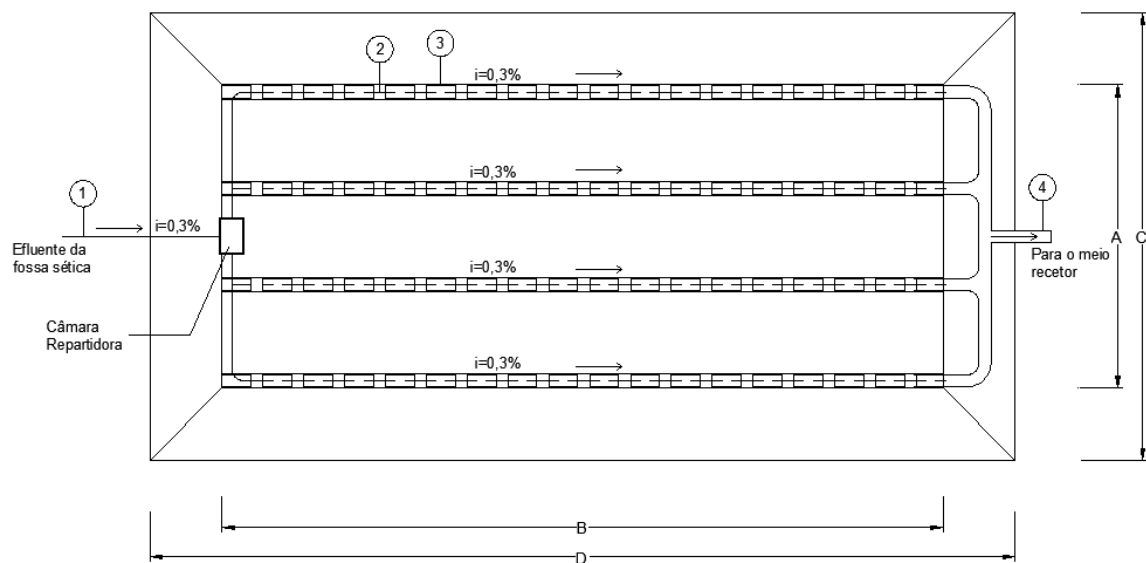


Figura B. 8 – Planta esquemática de um aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996).

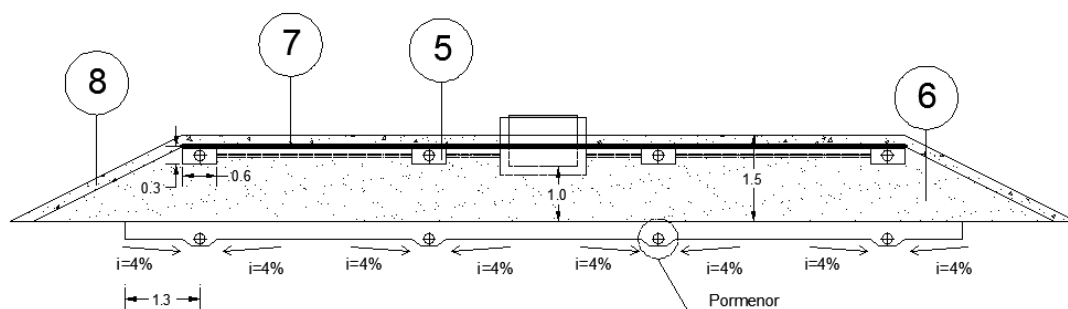


Figura B. 9 – Corte esquemático de um aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996).

Em que:

1 – Tubagem em PVC DN 110  
 2 – Tubagem de Distribuição em Grés DN 100 com campânulas para jusante simplesmente emboquilhadas  
 3 – Tubagem de recolha em Grés DN 100 com campânulas para montante simplesmente emboquilhadas

4 – Tubagem de Recolha em Grés DN 100 com juntas argamassadas  
 5 – Brita, gravilha ou escória de 0,02 a 0,05m  
 6 – Areia grossa  
 7 – Manta geotêxtil  
 8 – Terra Vegetal

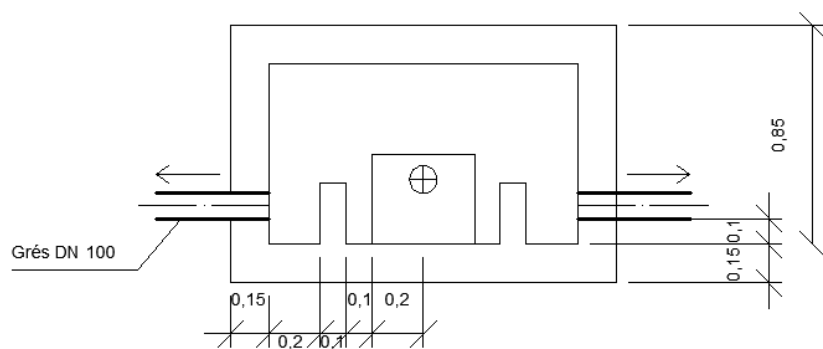


Figura B. 10 – Corte transversal da câmara repartidora do aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996).

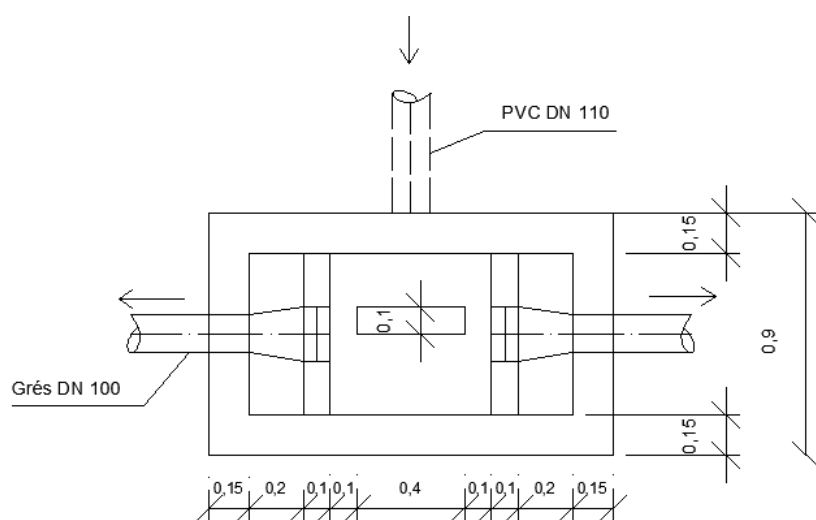


Figura B. 11 – Planta da câmara repartidora do aterro filtrante (adaptada de Bartolomeu, 1996).

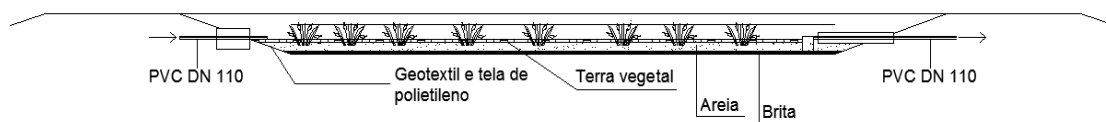


Figura B. 12 – Representação de uma plataforma de evapotranspiração (adaptada de Morais, 1977).

## Anexo C

### Caracterização do saneamento no Líbano

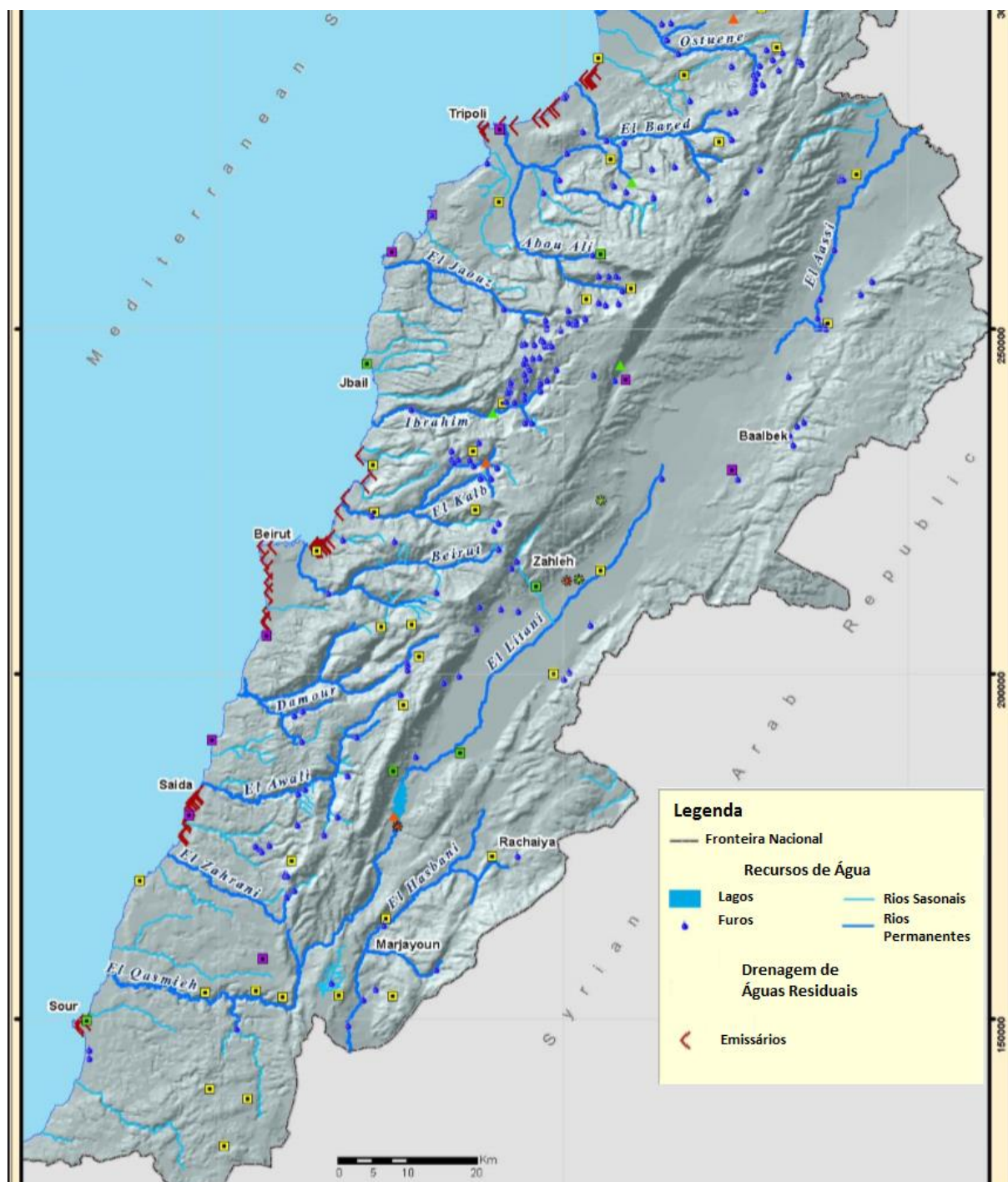


Figura C. 1 – Distribuição dos recursos hídricos pelo território libanês (adaptada de MOE/UNDP/ECODIT, 2011).

**Tabela C. 1 – Levantamento do número de casas ligadas à rede pública de abastecimento de água e drenagem de águas residuais, assim como o número de poços por região do Líbano (adaptada de MOE/UNDP/ECODIT, 2011).**

Região	Poço		Rede de abast. água		Rede de drenagem		Desconhecido
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	
<b>Beirute</b>	3,163	14,118	16,407	874	16,651	630	1,055
Baabda	4,710	29,342	28,326	5,726	31,021	3,031	2,134
Metn	1,051	36,082	36,230	903	21,112	16,021	1,514
Kesrouan	508	23,576	23,657	427	5,772	18,312	789
Jbail	63	15,235	13,631	1,667	1,460	13,838	484
<b>Norte de Monte Líbano</b>	<b>6,332</b>	<b>104,235</b>	<b>101,844</b>	<b>8,723</b>	<b>59,365</b>	<b>51,202</b>	<b>4,921</b>
Tripoli	1,772	8,045	8,700	1,117	8,956	861	533
Koura	1,040	9,577	8,281	2,336	3,030	7,587	1,144
Zghorta	623	9,734	8,077	2,280	7,675	2,682	961
Batroun	252	9,310	8,682	880	86	9,476	1,127
Aakkar	4,914	40,564	19,227	26,251	15,919	29,559	1,153
Bcharreh	4	4,436	1,331	3,109	731	3,709	222
Minieh-Dennieh	1,007	14,076	8,173	6,910	10,679	4,404	459
<b>Libano Norte e Akkar</b>	<b>9,612</b>	<b>95,742</b>	<b>62,471</b>	<b>42,883</b>	<b>47,076</b>	<b>58,278</b>	<b>5,599</b>
Zahleh	2,819	22,492	22,188	3,123	20,911	4,400	1,312
West Bekaa	843	12,561	12,726	678	9,989	3,415	1,148
Baalbeck	6,209	40,343	41,005	5,547	32,006	14,546	2,988
Hermel	168	7,220	6,392	996	5,706	1,682	142
Rachaya	278	6,550	6,600	228	3,029	3,799	307
<b>Bekaa</b>	<b>10,317</b>	<b>89,166</b>	<b>88,911</b>	<b>10,572</b>	<b>71,641</b>	<b>27,842</b>	<b>5,897</b>
Saida	1,180	24,101	23,595	1,686	14,227	11,054	1,476
Tyre	1,609	29,604	27,440	3,773	8,389	22,824	1,939
Jezine	13	6,670	6,515	168	3,135	3,548	965
<b>Libano Sul</b>	<b>2,802</b>	<b>60,375</b>	<b>57,550</b>	<b>5,627</b>	<b>25,751</b>	<b>37,426</b>	<b>4,380</b>
Nabatieh	352	22,631	22,349	634	8,469	14,514	1,814
Bent Jbeyl	245	15,566	15,112	699	670	15,141	1,445
Marjaayoun	573	11,931	12,163	341	2,019	10,485	1,065
Hasbaya	14	6,340	6,138	216	4,883	1,471	825
<b>Nabatiyeh</b>	<b>1,184</b>	<b>56,468</b>	<b>55,762</b>	<b>1,890</b>	<b>16,041</b>	<b>41,611</b>	<b>5,149</b>
<b>Libano (Total)</b>	<b>33,410</b>	<b>420,104</b>	<b>382,945</b>	<b>70,569</b>	<b>236,525</b>	<b>216,989</b>	<b>27,001</b>

## Anexo D

### Dimensionamento da rede de abastecimento de água do aquartelamento de campanha *UBIQUE Camp*

Tabela D. 1 – Valores de  $K_s$  para a fórmula de Manning-Strickler (adaptada de Sousa e Marques, 2011).

Material	$K_s$ ( $m^{1/3}/s$ )
Fibrocimento	90
Ferro Fundido não revestido	60
Ferro Fundido revestido	70
Aço sem soldadura com rebiteagem simples	65
Aço soldado	90
Betão liso	75
PVC	110
PEAD	125

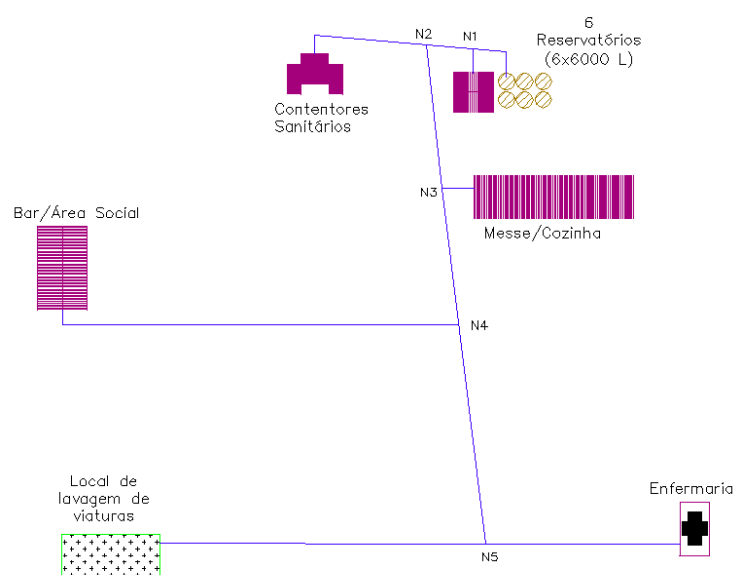


Figura D. 1 – Rede de abastecimento de água do aquartelamento de campanha *UBIQUE Camp*.

## Anexo E

### Dimensionamento do reservatório ou conjunto de reservatórios ligados entre si

A determinação do volume necessário para 1 dia de abastecimento do aquartelamento de campanha *Ubique Camp* passa por saber o consumo em cada instalação. Este consumo é determinado, maioritariamente, pelas capitações presentes no documento NATO – *Guide for Field Accomodation 2008* (Makinen, 2008), excetuando o consumo do bar e das operações de construção, que não estão presentes no documento referido. No entanto, adotaram-se as estimativas de 1500 L/dia<sup>42</sup> para o bar e de 7,5 L/militar/dia<sup>43</sup> para as operações de construção. Optou-se por estender este cálculo, para outras doutrinas aplicadas pelo exército norte-americano e pelo exército do Canadá, apenas por motivos comparativos (ver Tabela E.1).

**Tabela E. 1 – Capitações referentes à NATO, Exército do Canadá e Exército Norte-americano (fontes: Makinen, 2008; Ministry of Defence, 2005 e Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).**

NATO <sup>44</sup>	l/militar/dia	Exército Canadá <sup>45</sup>	l/militar/dia	Exército Norte-americano <sup>46</sup>	(l/militar/dia)
Instalações Sanitárias	22,5	Instalações Sanitárias	32,5	Instalações Sanitárias	30,3
Lavandaria	20	Lavandaria	10	Lavandaria	1
Tratamento médico	22,5	Tratamento médico	12,5	Tratamento médico	3,3
Cozinha/messe	35	Cozinha/messe	25	Cozinha/messe	6,74
Veículos Pesados (l/veíc/dia)	20	Veículos Pesados (l/veíc/dia)	10	Manutenção de Veículos	0,72
Veículos Ligeiros (l/veíc/dia)	5	Veículos Ligeiros (l/veíc/dia)	5		

Para ter em consideração as fugas no sistema de distribuição, associadas a roturas de canalizações ou perdas em reservatórios, entre outras, considerou-se um valor de 10%, respeitando assim o Decreto Regulamentar 23/95.

Em suma, adotaram-se os pressupostos indicados na Tabela E.2, para o dimensionamento da capacidade do reservatório, ou conjunto de reservatórios, sendo possível comparar a capacidade de cálculo, obtida através da equação (14), com a capacidade total dos reservatórios existentes no aquartelamento (ver tabela E.3), do qual se conclui que, segundo as recomendações NATO, os reservatórios existentes só permitem o abastecimento durante, aproximadamente, 1,5 dias, caso o fornecimento de água pelos autotanques cesse. Este resultado não apresenta qualquer segurança em campanha, pelo que bastaria um atraso ou um ataque ao fornecimento de água, para que algumas das funções básicas do aquartelamento que requeiram a utilização de água, fossem interrompidas. Assim, recomenda-se que o reservatório tenha capacidade para pelo menos 7 dias de abastecimento, tempo suficiente para contornar uma possível situação de interrupção do abastecimento.

<sup>42</sup> Valor recomendado para um bar/área de lazer com área inferior a 30 m<sup>2</sup> (Sousa e Marques, 2011).

<sup>43</sup> Valor recomendado no Water Planning Guide 2008 para operações de construção (Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008).

<sup>44</sup> Fonte: Makinen, 2008.

<sup>45</sup> Fonte: Ministry of Defence, 2005.

<sup>46</sup> Fonte: Force Development Directorate United States Army Combined Arms Support Command, 2008.



**Tabela E. 2 – Pressupostos adotados no dimensionamento do reservatório<sup>47</sup>.**

Dados Adotados	
f <sub>flutuação operacional</sub>	1,25
K <sub>t</sub> (perdas de 10%)	1,1
População média nas missões	141
Nº veículos pesados	31
Nº veículos ligeiros	34
Capacidade de abastecimento	1 dia

$$V_{\text{reservatório}} = V(1 \text{ dia de abastecimento}) \times 1,10 \times 1,25 \quad (14)$$

**Tabela E. 3 – Volume do reservatório necessário para 1 dia de abastecimento, consoante a fonte considerada.**

	Exército Norte-americano	NATO	Exército do Canadá
V Contentores <sup>48</sup> (l)	3340,3	14100,0	11280,0
V Manutenção de Veículos (l)	101,5	790,0	480,0
V Operações de Engenharia (l)	1057,5	1057,5	1057,5
V Bar/área de lazer (l)	1500,0	1500,0	1500,0
V cálculo do reservatório (l)	7836,6	23360,5	19142,1
Capacidade total existente (L)	36000		

<sup>47</sup> De relembrar que apenas os consumos dos contentores (tratamento médico, lavandaria, instalações sanitárias, cozinha/messe) dependem do número de militares do aquartelamento, e como tal só estes devem ser multiplicados pelo fator de flutuação operacional (1,25).

<sup>48</sup> Volume referente ao consumo nos contentores das instalações sanitárias, lavandaria, enfermaria (tratamento médico) e cozinha/messe.

## Anexo F

### Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais

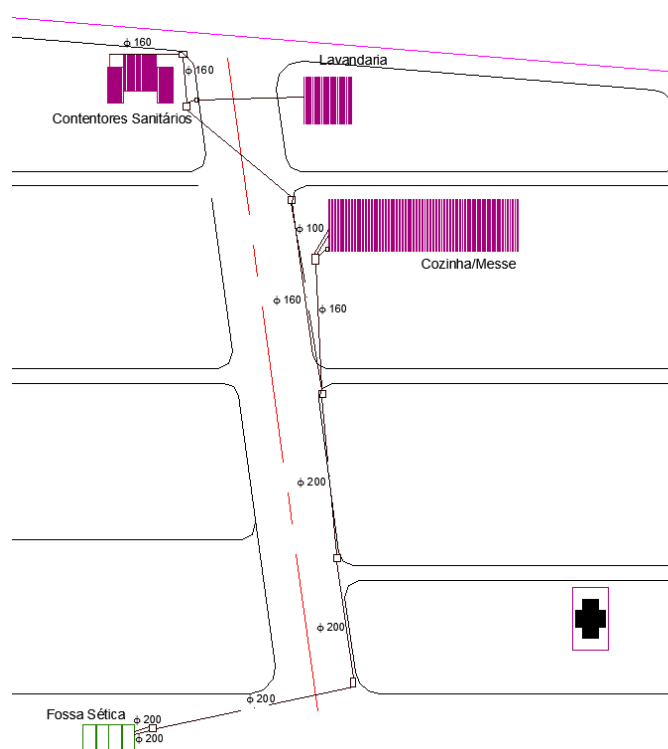


Figura F. 1 – Traçado de rede de drenagem implementado no *UBIQUE Camp*, projetado pela DIE.



#### Legenda:

— Traçado Existente

— Traçado Considerado para o caso de estudo

Figura F. 2 – Alteração ao traçado do projeto da rede de drenagem do *UBIQUE Camp*, considerada no caso de estudo.

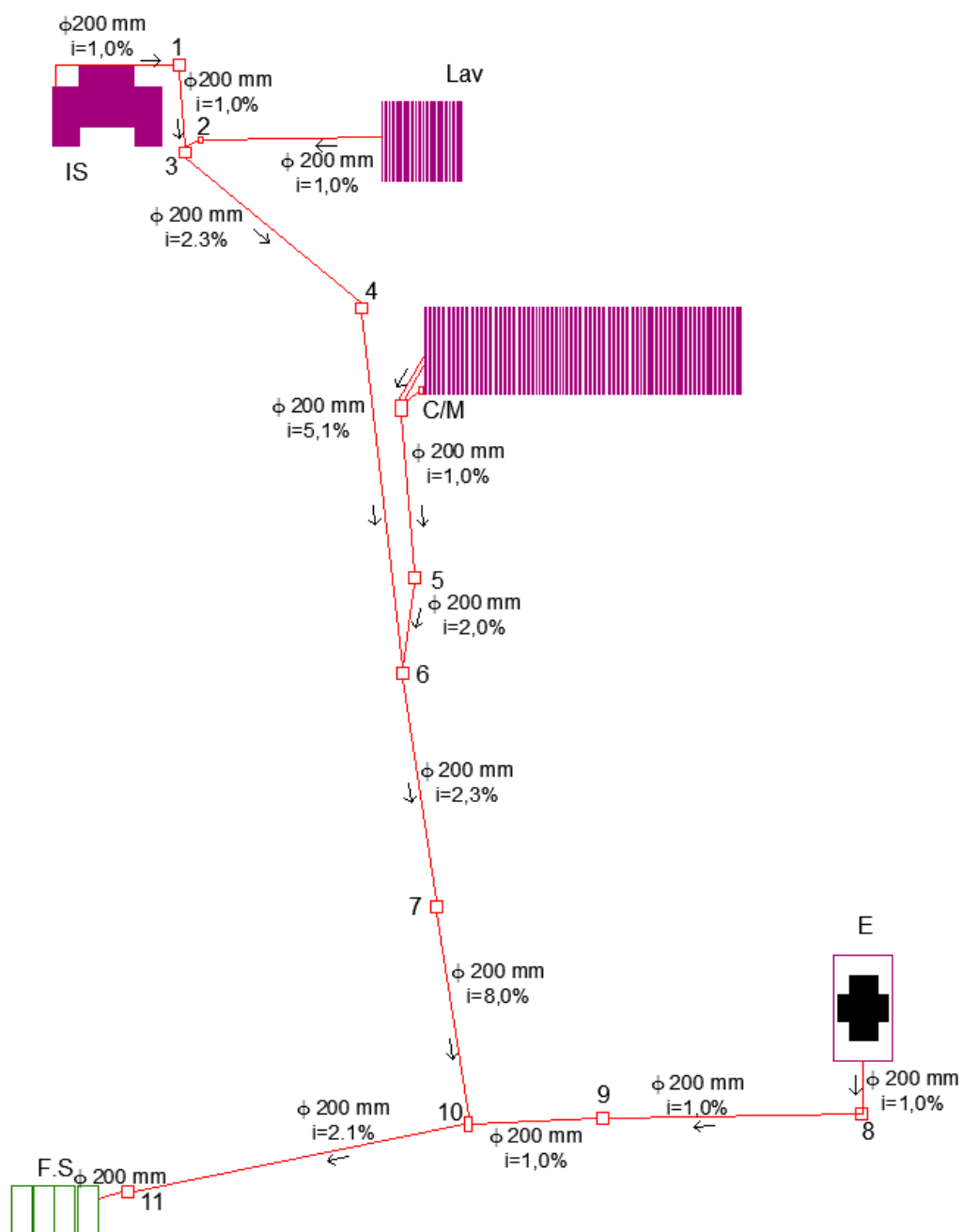


Figura F. 3 – Traçado considerado no dimensionamento da rede de drenagem do aquartelamento de campanha *UBIQUE Camp.*

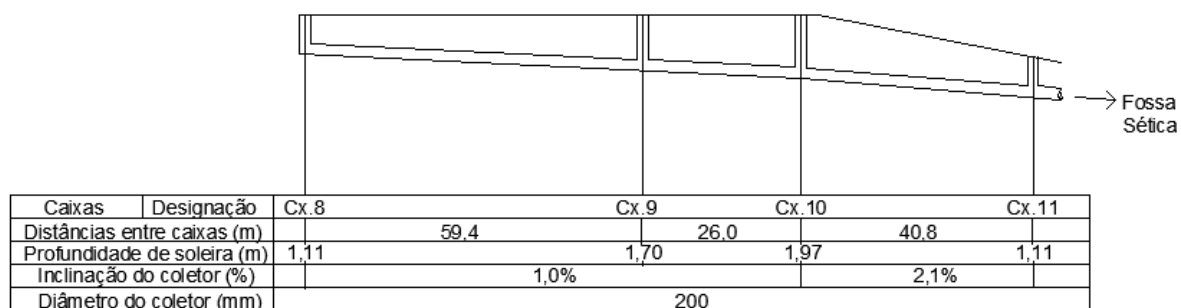
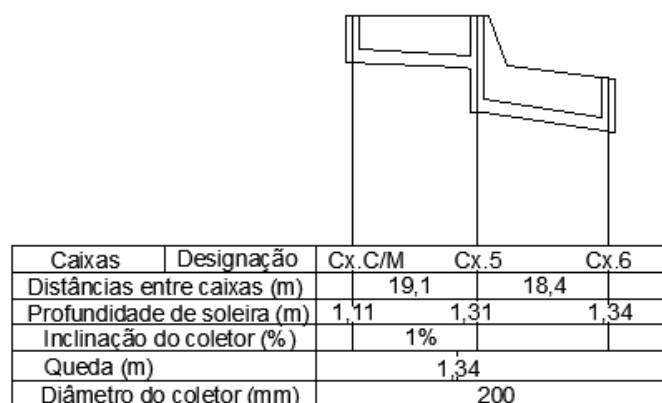
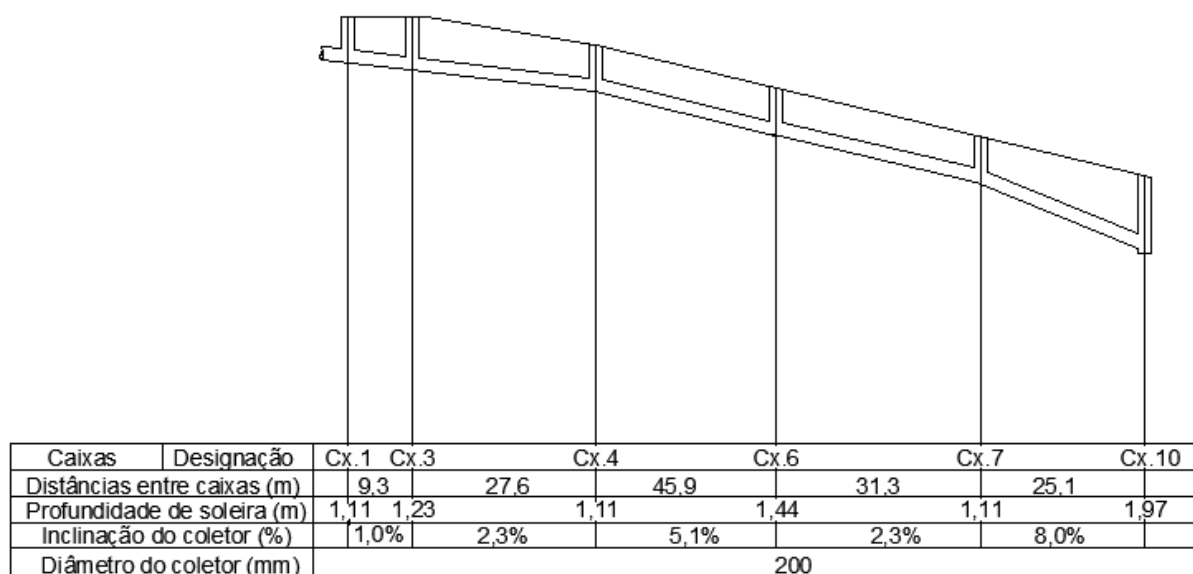


Figura F. 4 – Representação esquemática dos perfis longitudinais.

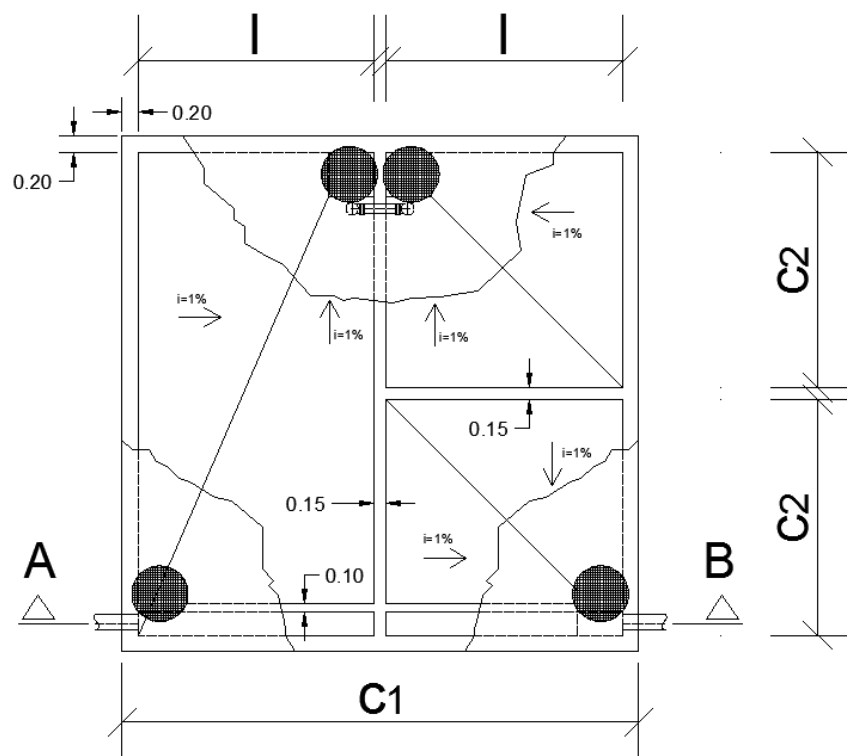


Figura F. 5 – Planta do modelo de fossa séptica proposto para o caso de estudo (dimensões em metros).

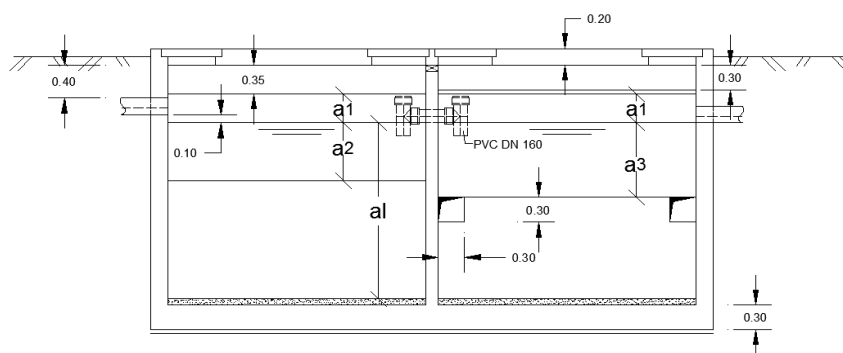


Figura F. 6 – Corte do modelo de fossa séptica proposto para o caso de estudo (dimensões em metros).